UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

.LN 005/22 bis

Université Nancy 2

GRAPCO, LabPsyLor (E.A. 3947)

SCD NANCY 2
46, av. de la Libération
B.U. LETTRES

THESE

Présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Psychologie
de l'Université Nancy 2

par

Hélène DEFORGE

Conséquences cognitives de la prématurité à l'âge scolaire :

Etude comparative des fonctions inhibitrices chez des enfants nés à terme et prématurés

REPRODUCTION INTERDITE

Soutenue publiquement le vendredi 02 décembre 2005 devant la commission d'examen :

André FLIELLER, Professeur à l'Université Nancy 2	Directeur de thèse
Jean-Michel HASCOET, Professeur à l'Université Henri Poincaré	Examinateur
Claire LECONTE-LAMBERT, Professeur à l'Université Lille 3	Rapporteur
Daniel MELLIER, Professeur à l'Université de Rouen	Président
Anne-Marie TONIOLO, Maître de Conférences à l'Université Nancy 2	Examinatrice
Alain VOM HOFE, Professeur à l'Université de Rouen	Rapporteur

Université Nancy 2

GRAPCO, LabPsyLor (E.A. 3947)

THESE

Présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Psychologie
de l'Université Nancy 2

par

Hélène DEFORGE

Conséquences cognitives de la prématurité à l'âge scolaire :

Etude comparative des fonctions inhibitrices chez des enfants nés à terme et prématurés

REPRODUCTION INTERDITE

Soutenue publiquement le vendredi 02 décembre 2005 devant la commission d'examen :

André FLIELLER, Professeur à l'Université Nancy 2	Directeur de thèse
Jean-Michel HASCOET, Professeur à l'Université Henri Poincaré	Examinateur
Claire LECONTE-LAMBERT, Professeur à l'Université Lille 3	Rapporteur
Daniel MELLIER, Professeur à l'Université de Rouen	Président
Anne-Marie TONIOLO, Maître de Conférences à l'Université Nancy 2	Examinatrice
Alain VOM HOFE, Professeur à l'Université de Rouen	Rapporteur

Remerciements

Je veux ici remercier les personnes qui ont contribué à diriger, à encadrer et à évaluer mes travaux. Qu'ils trouvent en ces lignes l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur le Professeur André FLIELLER, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour la richesse de ses remarques, ses conseils et pour les corrections apportées.

Madame Anne-Marie TONIOLO, Maître de Conférences, qui a co-dirigé cette recherche, pour son soutien indéfectible, pour son dynamisme et son écoute, pour sa prévenance.

Monsieur le Professeur Jean-Michel HASCOËT, pour m'avoir accueillie au sein du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, pour l'intérêt qu'il porte à ce travail et pour avoir accepté de juger celui-ci.

Madame Monique ANDRE, pour la confiance qu'elle m'a accordée, pour avoir permis et soutenu la réalisation des études menées dans le cadre de ce travail. Pour l'intérêt qu'elle a porté à celui-ci et pour avoir répondu à nombre de mes interrogations.

Madame et Messieurs les Professeurs Claire LECONTE-LAMBERT, Daniel MELLIER et Alain VOM HOFE, pour m'avoir fait l'honneur de leur participation en tant que membres du jury.

Je remercie par ailleurs Monsieur l'Inspecteur d'Académie, Madame et Monsieur les Inspecteurs de l'Education Nationale de la circonscription de Jarville, Mesdames et Messieurs les directeurs et professeurs des écoles de cette circonscription qui ont autorisé nos interventions. Je remercie également les parents qui ont accepté de participer à nos études et, surtout, de tout cœur, l'ensemble des enfants rencontrés.

J'adresse aussi mes remerciements à Jean-Luc Kop, pour m'avoir accordé de bénéficier de ses enseignements en statistiques, et à Youssef Tazouti, pour sa disponibilité. Leurs apports méthodologiques m'ont été d'une aide précieuse.

Je tenais encore à remercier :

Christine Bragard, Edith Gérardin, Betty Moureaux et Nathalie Tecquert qui, au sein du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, ont contribué à faciliter la réalisation de nos études. Merci aussi à Marie-Jeanne Vedrenne.

Je remercie également toutes celles et tous ceux qui m'ont fait partager leur expérience, leurs connaissances, et ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Enfin, mes plus vifs remerciements sont adressés à mes parents, qui ont largement encouragé et soutenu ce travail.

A Emma, ma fille

Introduction 1

Première partie :

Aspects théoriques 6

Chapitre 1.

Une naissance prématurée, et après ? 7

1. La prématurité 7

1.1. Définition et catégorisations 7

1.1.1. Définition 7

1.1.2. Catégorisations 8

1.1.2.1. Catégorisation selon l'âge gestationnel 8

1.1.2.2. Catégorisation selon le poids de naissance 9

1.2. Facteurs en cause dans la prématurité 9

1.2.1. La prématurité médicalement décidée 9

1.2.2. Facteurs de risque confirmés 10

1.2.3. Facteurs favorisants 11

1.3. L'augmentation de la grande prématurité : un contexte inédit 12

1.3.1. Un contexte inédit 12

1.3.2. Evolution de la mortalité associée à une naissance prématurée 13

1.3.3. Causes de l'augmentation du taux de survie des enfants nés grands prématurés 13

1.4. Le recul des limites de viabilité : un problème éthique 14

2. Séquelles majeures et séquelles mineures de la prématurité 16

2.1. Séquelles majeures de la prématurité 16

2.1.1. Principales séquelles majeures de la prématurité 16

2.1.2. L'infirmité motrice cérébrale 17
2.1.3. Etiologie des séquelles majeures 18
2.1.3.1. La leucomalacie périventriculaire 19
2.1.3.2. Autres lésions cérébrales : les hémorragies intracrâniennes 19
2.1.4. L'effet différentiel du terme sur les lésions cérébrales et les séquelles neurologiques 20
2.2. Séquelles mineures de la prématurité 20
2.2.1. Principales séquelles mineures 21
2.2.2. Etiologie des séquelles mineures 21
2.2.3. Un intérêt croissant, et primordial, pour les troubles « mineurs » associés à une naissance prématurée 23

3. Introduction à la revue des études sur le sujet : problèmes méthodologiques et implications 24
3.1. Problèmes méthodologiques au niveau de la constitution des échantillons 24
3.1.1. Différentes catégories d'enfants souvent mélangées 24
3.1.2. Le non-recours à groupe contrôle 25
3.1.3. Echantillon en provenance d'un centre unique *vs* cohorte régionale 26
3.1.4. Les enfants perdus de vue 26
3.2. Problèmes méthodologiques au niveau de l'évaluation des performances 27
3.2.1. Divergences au niveau des définitions et des catégorisations des séquelles de la prématurité 27
3.2.2. Variabilité des instruments d'évaluation 27
3.2.3. Durée des suivis insuffisante 28
3.3. Problèmes relatifs à la prise en compte des variables influant sur le développement des enfants anciens prématurés 29

4. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau cognitif, à l'âge scolaire, chez les enfants indemnes de troubles neuro-sensoriels 30
4.1. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau du fonctionnement cognitif global 31
4.1.1. Principaux résultats 31
4.1.2. Points de désaccords 32
4.2. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine non-verbal 33

4.2.1. Conséquences au niveau moteur 33
4.2.2. Conséquences au niveau du traitement visuo-spatial 36
4.2.3. Conséquences au niveau de l'intégration visuo-motrice 37
4.3. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine verbal 40
4.3.1. A l'âge préscolaire 40
4.3.2. A l'âge scolaire 41
4.3.3. Effet différentiel du domaine du langage évalué 43
4.3.4. Catégories d'enfants concernées et effet différentiel du terme 43
4.3.5. Points de désaccords 44
4.3.6. Variables corrélées aux performances dans le domaine verbal 44
4.4. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau du comportement ; problèmes d'attention et hyperactivité 46
4.4.1. Instruments d'évaluation du comportement 46
4.4.2. Troubles comportementaux relevés 47
4.4.3. Troubles de l'attention et hyperactivité 48
4.4.3.1. Principaux résultats 48
4.4.3.2. Epoques de la vie concernées 49
4.4.3.3. Effet différentiel de la sévérité de la prématurité 50
4.4.4. Variables corrélées aux problèmes comportementaux 50
4.4.5. Impact des troubles comportementaux à l'école et hypothèses explicatives 52
4.5. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau des fonctions attentionnelles exécutives 53
4.5.1. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine de la mémoire 53
4.5.1.1. Principaux résultats 54
4.5.1.2. Hypothèse explicative : rôle de l'hypoxie ? 56
4.5.2. Répercussions de la prématurité au niveau d'autres mécanismes exécutifs 56
4.6. Implications des déficits cognitifs au niveau scolaire 59
4.6.1. Principaux résultats 59
4.6.1.1. Des performances inférieures à la moyenne 59
4.6.1.2. Une fréquence plus élevée de redoublements 60
4.6.1.3. Un recours plus fréquent aux mesures de remédiation psychopédagogique et à l'enseignement spécialisé 60
4.6.1.4. Périodes de la vie et catégories d'enfants concernées 61

4.6.2. Les enfants anciens prématurés plus fréquemment en difficulté d'apprentissage 61
4.6.2.1. Définition et opérationnalisation des difficultés d'apprentissage 61
4.6.2.2. Domaines concernés 62
4.6.3. Variables associées à la survenue de problèmes d'ordre scolaire 63
4.6.4. Tentatives de prédiction des difficultés d'apprentissage à l'âge scolaire 64

5. Principales variables influençant le développement des enfants anciens prématurés 65

5.1. Principales variables bio-médicales influençant le développement des enfants nés prématurément 66
5.1.1. Le sexe 66
5.1.2. Le caractère hypotrophe à la naissance 67
5.1.3. Le périmètre crânien 68
5.1.4. Les complications survenant durant la grossesse ou pendant la période néonatale 69
5.1.5. Les anomalies cérébrales 70
5.2. Principales variables socio-environnementales influençant le développement des enfants nés prématurément 72
5.2.1. Variables environnementales « distales » 72
5.2.1.1. Le niveau socio-économique de la famille 72
5.2.1.2. Le niveau d'études de la mère 73
5.2.1.3. L'appartenance ethnique de la famille 73
5.2.2. Variables « proximales » 74
5.3. Des influences évoluant avec le temps 75
5.4. Effet différentiel du domaine de la cognition considéré 76
5.5. Des interactions complexes 78

6. Evolution des performances cognitives avec l'âge 79

Chapitre 2.

L'inhibition 82

1. Origine et histoire du concept d'inhibition 82

2. Une place centrale dans les théories actuelles de la psychologie cognitive 83

3. Inhibition et développement cognitif 84

3.1. L'inhibition comme facteur essentiel du développement cognitif chez l'enfant 84

3.2. Inhibition et vieillissement cognitif 85

4. L'inhibition : une notion fondamentale dans les théories du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs 87

5. Aspects définitoires 88

5.1. Définition générale de l'inhibition 88

5.2. Quelques idées consensuelles autour de l'inhibition 89

5.2.1. L'inhibition : un phénomène adaptatif 89

5.2.2. L'inhibition dépend des buts du sujet 90

5.2.3. L'efficacité de l'inhibition peut être augmentée par apprentissage 90

5.3. Imprécisions concernant la notion d'inhibition 91

5.3.1. L'inhibition : un processus actif ou passif ? 91

5.3.2. Processus inhibiteurs volontaires *vs* involontaires 92

6. Fonctions attribuées à l'inhibition 92

6.1. Le contrôle de l'accès des représentations en mémoire de travail 93

6.2. Le nettoyage de la mémoire de travail 93

6.3. La restriction de l'accès aux réponses prédominantes 93

7. Différentes modalités d'expression de l'inhibition, ou différents processus inhibiteurs ? 94

7.1. Le contrôle de l'interférence motrice, ou contrôle de l'interférence due à la compétition de stimuli ou de ressources 94

7.2. Le contrôle de l'interférence cognitive, ou l'inhibition cognitive 95

7.3. L'inhibition comportementale 95

7.4. L'inhibition de retour 96

7.5. L'inhibition en jeu dans l'amorçage négatif 97

7.6. L'inhibition oculomotrice 97

8. Fonctions de l'inhibition, processus inhibiteurs et évaluation 98

9. Paradigmes utilisés pour évaluer l'inhibition 99

9.1. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail ____ 100
9.1.1. Le paradigme d'amorçage négatif ____ 101
9.1.2. Les épreuves de barrages ____ 102
9.1.3. La tâche de Brown-Peterson ____ 103
9.2. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail ____ 104
9.2.1. Le paradigme d'oubli dirigé ____ 104
9.2.2. Les épreuves d'interférence proactive - et rétroactive - ____ 105
9.2.3. Le paradigme des paires associées ____ 105
9.2.4. Les épreuves de mise à jour ou de réactualisation de la mémoire de travail ____ 106
9.3. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes ____ 106
9.3.1. Le test de Stroop ____ 106
9.3.2. Le paradigme de génération aléatoire ____ 109
9.3.3. Le test de Hayling ____ 110
9.3.4. Les paradigmes de suspension de l'action : *go/no go* et *stop signal* ____ 111
9.3.5. Le paradigme d'antisaccade ____ 112
9.4. Epreuves exécutives plus complexes ____ 113
Nous évoquons maintenant quelques épreuves exécutives classiquement utilisées : la Tour de Londres, l'épreuve d'empan à l'envers, les tâches de fluence verbale, le *Wisconsin Card Sorting Test* et le *Trail Making Test.* ____ 113
9.4.1. La Tour de Londres ____ 113
9.4.2. L'épreuve d'empan à l'envers ____ 114
9.4.3. Les tâches de fluence verbale ____ 114
9.4.4. Le *Wisconsin Card Sorting Test* ou WCST ____ 115
9.4.5. Le *Trail Making Test* ou TMT ____ 116
9.4.6. Les mesures de la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ ____ 117

10. Limites méthodologiques inhérentes aux épreuves d'inhibition ____ 117
10.1. Variables influençant les performances aux épreuves d'inhibition ____ 118
10.2. Propriétés psychométriques des mesures de l'inhibition ____ 118

11. Unité *vs* diversité fonctionnelle des processus d'inhibition ____ 119

11.1. Des données développementales comme argument en faveur de l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs 120
11.2. Arguments en faveur de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs 122
11.2.1. L'extrême diversité des situations et des paradigmes impliquant un contrôle inhibiteur 122
11.2.2. Les résultats d'études corrélationnelles 123
11.2.3. L'observation de patterns de dissociation dans certaines populations spécifiques 126

12. Liens entre l'inhibition et certains des concepts qui lui sont fréquemment associés 128
12.1. Inhibition et résistance à l'interférence 128
12.2. Inhibition et mémoire de travail 130
12.3. Inhibition et vitesse de traitement de l'information 131

Deuxième partie :

Trois études empiriques *133*

Chapitre 3.

L'examen des conséquences d'une naissance avant terme comme moyen d'éprouver un modèle de l'inhibition *134*

1. Un déficit inhibiteur comme facteur explicatif de certaines des séquelles mineures de la prématurité 134

2. L'examen des conséquences d'une naissance avant terme comme moyen d'éclairer la notion d'inhibition 137

3. Démarche opérationnelle 139

3.1. Premier objectif : éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire 139

3.1.1. Première étape : assurer la pertinence de la batterie K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés 139

3.1.1.1. Du besoin d'une batterie d'intelligence lorsqu'on s'intéresse à une population spécifique 140

3.1.1.2. Le K-ABC : un outil privilégié pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés 140

3.1.1.3. L'étude Epipage comme moyen de s'assurer de la pertinence du K-ABC141

3.1.2. Deuxième étape : s'assurer de l'existence d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire. 143

3.2. Deuxième objectif : déterminer le degré de généralité ou de diversité des trois fonctions inhibitrices 145

3.3. Troisième objectif : déterminer les contributions relatives des fonctions inhibitrices au niveau des épreuves d' « inhibition » et au niveau du fonctionnement cognitif général 146

3.4. Quatrième objectif : identifier les fonctions inhibitrices particulièrement affectées par une naissance avant terme 147

Chapitre 4.

La pertinence du K-ABC dans l'étude du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés *148*

1. L'étude Epipage 148

1.1. Contexte 149

1.2. Objectifs 149

1.3. Méthodologie 150

1.3.1. Une étude multicentrique 150

1.3.2. Une étude comparative 151
1.3.3. Confidentialité et éthique 151
1.3.4. Suivi et bilan clinique complet à 5 ans 152

2. La batterie d'intelligence K-ABC comme instrument d'évaluation psychologique utilisé dans le cadre du bilan à 5 ans 153
2.1. Caractéristiques de la batterie d'intelligence K-ABC 153
2.2. Description des échelles globales et des subtests du K-ABC 154
2.3. Hypothèses relatives aux performances des enfants nés à terme *vs* prématurés au K-ABC 156

3. Principaux résultats obtenus dans le cadre de l'étude Epipage 158
3.1. Principales caractéristiques de l'échantillon 158
3.1.1. Age gestationnel, poids à la naissance et âge au moment de l'évaluation 159
3.1.2. Autres variables relatives à l'enfant et à sa famille 159
3.2. Performances des enfants aux échelles globales du K-ABC 162
3.2.1. Analyses descriptives 163
3.2.2. Analyses univariées 164
3.2.3. Analyses multivariées : principales variables influençant les scores aux échelles globales du K-ABC 170
3.3. Performances des enfants aux subtests du K-ABC 175
3.3.1. Analyses descriptives 175
3.3.2. Analyses univariées 177

4. Conclusion 183

Chapitre 5.

Un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire ? 187

1. Contexte, objectifs, démarche 187

2. Population et méthodes 189
2.1. Population 189

2.1.1. Des enfants scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2 189
2.1.2. Une étude cas-témoins 190
2.1.3. Constitution des groupes d'étude 190
2.1.4. Recrutement des sujets 192
2.1.4.1. Recrutement des enfants nés prématurés 192
2.1.4.2. Recrutement des enfants du groupe témoin 193
2.2. Instruments d'évaluation 194
2.2.1. Le K-ABC 194
2.2.2. Les épreuves exécutives d' « inhibition » 195
2.2.2.1. L'épreuve d'attention sélective motrice dite des Gestes Contraires 195
2.2.2.2. Les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique 196
2.2.2.3. La Tour de Londres 196
2.2.2.4. L'épreuve d'empan à l'envers 197
2.3. Conditions d'évaluation 197

3. Résultats 199

3.1. Principales caractéristiques de l'échantillon considéré pour les comparaisons des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés 200
3.1.1. Age gestationnel, poids à la naissance et âge à la date de l'évaluation 200
3.1.2. Autres variables relatives à l'enfant et à sa famille 202
3.2. Performances des enfants aux échelles globales du K-ABC 206
3.2.1. Analyses descriptives 206
3.2.2. Analyses univariées 208
3.2.3. Analyses multivariées : principales variables influençant les scores aux échelles globales du K-ABC 212
3.3. Performances des enfants aux subtests du K-ABC 215
3.3.1. Analyses descriptives 216
3.3.2. Analyses univariées 217
3.3.3. Conclusion 220
3.4. Performances des enfants aux épreuves d'inhibition 221
3.4.1. Analyses descriptives 222
3.4.2. Analyses univariées 223
3.4.3. Performances des enfants nés à terme *vs* prématurés aux épreuves d'inhibition : conclusion 227

3.4.4. Principales variables influençant les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition » 228
3.5. Analyses en composantes principales des scores des enfants aux épreuves d'inhibition 232
3.6. Comparaison du niveau global d'efficience inhibitrice des enfants nés à terme *vs* prématurément 234
3.6.1. Analyses descriptives et univariées 235
3.6.1.1. Analyses univariées pour les trois classes confondues 236
3.6.1.2. Analyses univariées pour les trois classes d'âge considérées séparément 237
3.6.2. Analyses multivariées 239
3.6.2.1. Analyses multivariées toutes classes confondues 240
3.6.2.2. Analyses multivariées pour les trois classes considérées séparément 240
3.7. Mise en correspondance des résultats des enfants au K-ABC et aux épreuves d'inhibition : analyses de corrélations 241

4. Conclusion 243

Chapitre 6.

Etude des fonctions inhibitrices chez des enfants nés à terme et prématurés, à l'âge scolaire 247

1. Contexte et objectifs 247

2. Démarche statistique et hypothèses 249
2.1. Les modèles d'équations structurales : une approche différente 249
2.2. Logique des modèles d'équations structurales 250
2.3. Modèles développés et hypothèses 252
2.3.1. Modèles développés pour répondre au premier objectif et hypothèses 252
2.3.2. Modèles développés pour répondre au second objectif et hypothèses 258

3. Population et méthodes 263

3.1. Population 263
3.1.1. Recrutement des enfants nés prématurément 263
3.1.2. Recrutement des enfants nés à terme 264
3.2. Epreuves utilisées 264
3.2.1. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction d'Accès 265
3.2.2. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction de Nettoyage 266
3.2.3. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction de Restriction 268
3.3. Conditions d'évaluation 270

4. Résultats 271
4.1. Organisation et rôle des fonctions inhibitrices 272
4.1.1. Précisions concernant la démarche statistique 272
4.1.2. Unité *vs* diversité des trois fonctions attribuées à l'inhibition 274
4.1.3. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans les épreuves exécutives 280
4.1.3.1. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans l'épreuve d'empan à l'envers 280
4.1.3.2. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans les épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique 284
4.1.3.3. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres 289
4.1.3.4. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans plusieurs épreuves exécutives : conclusion 294
4.1.4. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. 295
4.1.4.1. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC 295
4.1.4.2. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC 298
4.2. Conséquences d'une naissance avant terme sur l'efficience des trois fonctions de l'inhibition 301
4.2.1. Performances cognitives et inhibitrices des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude 302
4.2.1.1. Principales caractéristiques de l'échantillon 302

4.2.1.2. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux échelles des Processus Mentaux de la batterie K-ABC 304
4.2.1.3. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux épreuves d'inhibition 305
4.2.1.4. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux épreuves exécutives 308
4.2.2. Niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices dans les différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude 311
4.3. Niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices dans les différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre seconde étude 314
5. Conclusion 317
Discussion – Conclusion 321
Bibliographie 336
Index des figures 371
Index des tableaux 373
Annexes 378

Introduction

Les enfants nés prématurés représentent actuellement un des principaux domaines d'intérêt des structures de Santé Publique en France comme dans de nombreuses régions du monde. Ces enfants suscitent, depuis un siècle dans le cadre national, un grand nombre de recherches dans le domaine médical. Plusieurs raisons expliquent l'ampleur de ces investigations, notamment le taux d'incidence – de plus en plus - élevé des naissances prématurées, la gravité des complications en termes de mortalité néonatale et de morbidité à court et à long terme, la lourdeur de la prise en charge des enfants concernés tant au plan humain qu'économique, ainsi qu'un certain nombre de perspectives de prévention. Aussi, le problème majeur que représente la prématurité dépasse aujourd'hui le secteur médical. Il interpelle d'autres disciplines telles que les sciences de l'éducation et la psychologie.

La psychologie se trouve en première ligne pour différents motifs. La prématurité s'avère particulièrement pertinente pour toute approche développementale. De façon générale, elle permet d'initier précocement l'étude du développement individuel, plus précisément d'évaluer l'impact que peuvent avoir des conditions particulières d'entrée dans la vie sur le développement ultérieur de l'enfant (Mellier, 1994, 1998, 1999). L'étude du développement et du fonctionnement cognitifs des enfants anciens prématurés intéresse également la psychologie cognitive, en tant qu'elle permet d'éclairer le fonctionnement normal de la cognition. Elle est de plus en plus le fait de neuropsychologues qui, depuis quelques années, cherchent à élucider les aspects développementaux des relations entre cerveau et cognition (Eustache & Faure, 1996), et s'intéressent à la genèse des troubles cognitifs présentés par certaines populations spécifiques.

De telles études sont encore essentielles dans une perspective d'application, pour la prévention et la prise en charge des troubles présentés par certains enfants nés prématurément. Dans le domaine de la psychopédagogie notamment, l'acquisition de connaissances sur le fonctionnement des enfants anciens prématurés pourrait autoriser la création de pédagogies plus adaptées à ces enfants, ou tout du moins capables de prendre en compte leurs éventuelles spécificités.

Un nombre conséquent d'études issues de ce cadre interdisciplinaire ont révélé l'existence de troubles cognitifs « mineurs » chez des anciens prématurés d'âges préscolaire et scolaire. Bien que cette population se caractérise par une extrême hétérogénéité, certaines dimensions sont plus particulièrement affectées : les aptitudes motrices et spatiales, les habiletés langagières, le comportement, ainsi que les processus attentionnels et mnésiques. S'ils sont relativement légers, ces troubles sont susceptibles de gêner la scolarité et plus globalement l'adaptation de ces enfants, au point de compromettre éventuellement leur avenir.

Récemment, l'accent a été mis sur l'évaluation de ces troubles. L'utilisation de dispositifs relevant de l'approche neuropsychologique infantile a permis de mettre en évidence chez les enfants nés avant terme des dysfonctionnements au niveau des fonctions « exécutives », nécessaires à la réalisation contrôlée de comportements complexes dirigés vers un but. L'hypothèse d'un déficit d'inhibition cognitive chez les enfants nés prématurément a été formulée par certains auteurs pour expliquer une partie des troubles cognitifs observés de manière récurrente chez ces enfants à l'âge scolaire (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts, Hall, Forsyth, Nelson & Taylor, 1994).

L'hypothèse est séduisante. L'inhibition, qui peut être définie comme un ensemble de processus attentionnels de suppression d'informations - externes ou internes - non pertinentes pour la tâche en cours, joue un rôle fondamental dans l'adaptation comportementale et cognitive (Bjorklund, 1997). L'inhibition apparaît comme un facteur essentiel du développement cognitif (Houdé, 2003). Elle constitue également un concept central dans les théories actuelles du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs.

Chez l'enfant, un déficit inhibiteur est mis en cause dans l'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention (Barkley, 1997) et dans les retards d'apprentissage (Dempster & Corkill, 1999), entre autres. Un tel trouble se traduit par des problèmes dans de nombreux domaines de la cognition, et se révèle sous forme d'échecs ou de contre-performances dans de nombreuses épreuves, en particulier lors des tests psychométriques (Mazeau, 2003). Il pourrait alors expliquer une partie des difficultés rencontrées par certains enfants nés prématurément dans la sphère cognitive ainsi qu'au plan scolaire.

Cependant, en dépit du rôle majeur qui lui est attribué dans l'explication des changements liés à l'âge dans l'efficience cognitive et des dysfonctionnements cognitifs associés à des pathologies variées, la notion d'inhibition souffre de problèmes définitoires et méthodologiques importants. Sa définition n'est pas toujours cohérente, et varie selon les auteurs, du fait des mécanismes variés auxquels elle renvoie. Il subsiste des désaccords sur la nature précise des processus en jeu, leur degré de généralité ou de spécificité.

L'efficacité de l'inhibition est évaluée par des tâches très différentes. Certaines demandent des réponses simples et automatiques, alors que d'autres relèvent de comportements extrêmement complexes. Une telle diversité incite à s'interroger sur le caractère unitaire du construit d'inhibition. Celui-ci apparaît d'autant moins évident que les corrélations observées entre les différentes épreuves sont relativement faibles, au mieux modérées, et que des déficits spécifiques n'affectant que certains des processus inhibiteurs ont été mis en évidence dans plusieurs populations particulières.

Parce que la question se pose de l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs, il importe de mieux les spécifier tout en précisant leurs liens. La valeur explicative de ces processus est subordonnée à la mise en évidence du réseau de variables au sein duquel celles d'inhibition sont insérées (Vom Hofe, 1998). Il est ainsi nécessaire de clarifier les rapports entre inhibition et mémoire de travail, vitesse de traitement de l'information, dimensions également mentionnées pour justifier les différences individuelles observées au niveau cognitif. Il est tout aussi fondamental d'élucider l'influence des processus d'inhibition sur l'efficience cognitive en général. Pour ce faire, il s'agira d'éprouver la validité d'un modèle de l'inhibition qui postule le caractère séparable – sans être totalement indépendant - des fonctions inhibitrices.

La population des enfants nés prématurément, supposés présenter un déficit inhibiteur, est un bon candidat pour relever ce défi. D'autres populations infantiles se caractérisent – ou du moins sont considérées comme telles - par un trouble de l'inhibition : les enfants traumatisés crâniens (Stewart & Tannock, 1999), autistes (Geurts, Verte, Oosterlaan, Roeyers & Sergeant, 2004) et schizophrènes (Lin, Hsiao & Chen, 1999), ainsi que les enfants présentant un syndrome hyperkinétique (Barkley, 1997) et ceux en « difficulté d'apprentissage » (Demspter & Corkill, 1999). La population infantile ici considérée présente des avantages. La définition de la prématurité relève d'un constat simple, consensuel, posé dès la naissance et stable. Elle ne nécessite aucun diagnostic, contrairement aux pathologies qui viennent d'être évoquées, et n'est pas sujette à l'indécision et au désaccord. Par ailleurs, les naissances prématurées, de plus en plus nombreuses depuis quelques décennies, sont loin d'être exceptionnelles.

Précisons pour terminer cette introduction que la présente recherche s'inscrit dans le champ de la neuropsychologie cognitive. Dans une telle perspective, il s'agit essentiellement de repérer les éléments de l'architecture cognitive abstraite impliqués dans les déficits cognitifs observés, et non de localiser les zones cérébrales sous-jacentes. Cette démarche semble la mieux adaptée pour étudier les troubles « neuro-développementaux ». D'un point de vue fondamental, si les réorganisations structurelles et fonctionnelles qu'autorise la plasticité cérébrale persistent tout au long de la vie (Mazeau, 2003), elles s'exercent avec d'autant plus de force chez l'enfant. D'un point de vue pragmatique, dans une volonté de prise en charge, il n'est pas forcément nécessaire de localiser les zones cérébrales atteintes. Il est beaucoup plus judicieux d'identifier non seulement les fonctions cognitives affectées, mais également les processus sauvegardés, à partir desquels l'enfant pourra s'adapter, même s'il le fait d'une manière inhabituelle (Lussier & Flessas, 2001).

Ce travail comporte deux parties : l'une théorique, l'autre empirique.

La première partie se décompose elle-même en deux chapitres.

Dans le premier chapitre, nous définirons la prématurité, évoquerons les principaux facteurs en cause dans celle-ci, et aborderons les problèmes éthiques posés par l'augmentation de la grande prématurité et le recul des limites de viabilité. Nous nous intéresserons ensuite aux conséquences possibles d'une naissance avant terme. Si nous évoquerons quelques-unes des séquelles « majeures », il sera essentiellement question des troubles cognitifs et comportementaux observés chez des enfants anciens prématurés - indemnes de séquelles neuro-sensorielles – d'âge scolaire, qui font partie des « séquelles tardives légères » de la prématurité. La revue des études sur le sujet sera précédée de l'évocation des problèmes méthodologiques souvent rencontrés dans ce domaine de recherche. Nous aborderons également les principales variables susceptibles d'influer sur le développement des enfants anciens prématurés, et mentionnerons enfin quelques études relatives à l'évolution des performances cognitives des enfants anciens prématurés à mesure qu'ils avancent en âge.

Le second chapitre porte sur la notion d'inhibition. Après quelques éléments historiques, nous verrons qu'un rôle essentiel est accordé à ce concept dans le développement cognitif, comme dans l'explication du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs. Nous donnerons une définition générale de l'inhibition et préciserons les fonctions qui lui sont attribuées ; nous évoquerons également plusieurs processus inhibiteurs distingués dans la littérature. Nous tenterons de clarifier les liens entre ces processus inhibiteurs et les trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher, Zacks et May (1999). Sur la base de ces éléments, nous détaillerons différents paradigmes qui permettent selon nous d'évaluer les trois fonctions de l'inhibition. Nous aborderons ensuite la question de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus d'inhibition, actuellement débattue. Enfin, nous tenterons de préciser les liens entre l'inhibition et certains des concepts qui lui sont fréquemment associés : la résistance à l'interférence, la mémoire de travail et la vitesse de traitement de l'information. Bien qu'il importe de clarifier les relations entre ces concepts, l'apport de notre travail concernant ce dernier point restera purement théorique.

La seconde partie de ce travail se décompose en quatre chapitres.

Le premier (chapitre 3) vise un rappel de notre problématique, ainsi que l'exposition de la démarche opérationnelle. Nous postulons qu'un déficit inhibiteur peut rendre compte d'une partie des séquelles mineures relevées chez certains enfants anciens prématurés, depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'adolescence. De fait, l'examen des conséquences d'une naissance avant terme nous semble constituer un moyen d'éclairer la notion centrale d'inhibition.

Les trois études réalisées pour répondre à nos objectifs font l'objet des chapitres suivants.

La première étude visait essentiellement à éprouver la pertinence de la batterie standardisée K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés. Nous avons eu l'opportunité de juger de cette pertinence par le biais de l'étude nationale Epipage, relative au devenir à moyen terme d'enfants nés grands prématurés, en comparaison avec des enfants nés prématurés légers et des enfants nés à terme. Cette étude – le contexte dans lequel elle a été lancée, ses objectifs et la méthodologie employée pour les atteindre – et les principaux résultats que nous avons obtenus dans ce cadre font l'objet du chapitre 4.

Notre seconde étude avait pour principal objectif d'éprouver l'hypothèse émise ces dernières années d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés, à l'âge scolaire. Nous avons repris pour celle-ci plusieurs épreuves utilisées dans des recherches récentes

relatives au fonctionnement exécutif d'enfants nés prématurément, qui sont supposées impliquer un contrôle inhibiteur. Ces épreuves ont été proposées à des enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire. Nous avons notamment cherché à déterminer, par le biais d'analyses factorielles, si ces épreuves ont bien en commun de mesurer un même phénomène, en l'occurrence l'inhibition. Nous nous sommes ensuite intéressés à l'effet du statut à la naissance sur le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants. Enfin, nous avons mis en correspondance les résultats des enfants aux épreuves d'inhibition employées avec leurs performances au K-ABC. Cette étude est détaillée dans le chapitre 5.

Dans notre troisième étude enfin (chapitre 6), nous voulions éclairer l'organisation des trois fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Nous cherchions également à préciser les rôles respectifs de ces trois fonctions dans les performances des enfants aux épreuves exécutives impliquant un contrôle inhibiteur utilisées dans notre seconde étude d'une part, dans le fonctionnement cognitif global, appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC d'autre part. Enfin, nous nous sommes intéressés à l'effet du statut à la naissance sur les niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices. Il s'agissait de déterminer si ces trois fonctions sont également affectées par une naissance prématurée, ou au contraire si celle-ci n'a d'influence que sur une ou plusieurs de ces fonctions, dépendant de sa sévérité.

Première partie :

Aspects théoriques

Chapitre 1.

Une naissance prématurée, et après ?

1. La prématurité

A partir de la fin du dix-neuvième siècle, Budin fut l'un des premiers à se soucier du devenir des enfants de « faible poids de naissance », celui-ci constituant à cette époque le critère définitoire de la prématurité. En posant les bases de la réanimation néonatale et des soins à donner aux prématurés, l'auteur se posait toutefois la question de savoir si le « sauvetage » des enfants nés avant terme ne comportait pas des risques pour leur développement futur (Rollet, 1996).

Depuis et du fait de remarquables avancées médicales et scientifiques, le contexte dans ce domaine a considérablement changé. En quelques décennies, les taux de mortalité périnatale et de séquelles liées à la prématurité ont connu une très forte diminution. Toutefois et comme nous le verrons, la question de la qualité de vie des enfants nés prématurément demeure d'actualité.

1.1. Définition et catégorisations

Les critères qui servent à établir la prématurité ont évolué au cours du siècle passé. Par ailleurs, les problèmes qu'elle soulève ne se posent pas en termes identiques pour tous les enfants nés avant terme. De fait, la prématurité a été divisée en catégories, selon l'âge gestationnel des enfants, et selon leur poids de naissance.

1.1.1. Définition

La prématurité a longtemps été définie par un petit poids de naissance : était considéré comme « prématuré » tout enfant naissant avec un poids inférieur à 2500 grammes. Cependant, il est progressivement apparu qu'à poids de naissance égal, les âges gestationnels peuvent être différents entre enfants, et que le pronostic de survie des enfants dépend davantage de leur âge gestationnel que de leur poids de naissance. Ces éléments expliquent l'évolution des critères considérés dans la définition de la prématurité, actuellement établie selon l'âge gestationnel. Ce critère, jugé nécessaire et suffisant selon une recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé mondialement acceptée, correspond à la durée de la gestation et s'exprime en semaines d'aménorrhée (SA) à partir du premier jour de la dernière

période normale de menstruations[1]. Est alors qualifiée de prématurée toute naissance avant le terme de 37 semaines révolues (ou 259 jours) d'aménorrhée.

Toutefois, aucun des critères utilisés pour déterminer l'âge gestationnel d'un nouveau-né – le plus courant étant la date des dernières menstruations - n'est totalement fiable, au sens où il pourrait permettre l'évaluation précise du terme de la grossesse. Ce risque d'erreur constitue dès lors une limite importante, à la fois de la surveillance médicale des enfants nés prématurément et de la recherche concernant la prématurité.

1.1.2. Catégorisations

L'étude de la mortalité[2] et de la morbidité périnatales a conduit à distinguer les prématurés en fonction de leur âge gestationnel d'une part, et de leur poids de naissance d'autre part (Mellier, 1999). L'intérêt de telles catégorisations repose sur les pronostics pouvant être établis selon ces deux critères, ainsi que sur leurs implications au niveau des conditions de prise en charge des enfants. Par ailleurs et comme nous le verrons, les effets de la prématurité apparaissent d'autant plus préjudiciables que l'âge gestationnel est bas et/ou que le poids de naissance est faible. Les catégorisations opérées apparaissent donc pertinentes pour toutes les recherches relatives à la prématurité, que ces études concernent les conséquences précoces ou les effets plus tardifs d'une naissance prématurée.

1.1.2.1. Catégorisation selon l'âge gestationnel

Le pronostic concernant la mortalité néonatale et la morbidité à court et à long terme dépend essentiellement de l'âge gestationnel du nouveau-né. A la fin des années quatre-vingt, la prématurité a été schématiquement divisée en trois groupes selon ce critère[3], en tenant compte des étapes de maturation fonctionnelle des différents organes.

On parle donc :

- de prématurité « moyenne », pour une naissance ayant lieu entre 33 SA et 36 SA + 6 jours ;
- de « grande » prématurité, pour une naissance ayant lieu entre 28 SA et 32 SA + 6 jours ; et
- de « très grande » prématurité, pour une naissance avant 28 SA.

---

[1] Organisation Mondiale de la Santé. Présentation statistique. In : Classification Internationale des Maladies, 1995 : 128-143.

[2] La mortalité périnatale correspond à la somme de la mortinatalité et de la mortalité néonatale précoce, c'est-à-dire jusqu'à l'âge de six jours, en tant que proportions de toutes les naissances (mortinatalité et naissances vivantes).

[3] Expertise collective INSERM. Grande prématurité. Dépistage et prévention du risque. Les Editions INSERM. Paris : 1997.

1.1.2.2. Catégorisation selon le poids de naissance

Si le pronostic dépend en premier lieu du degré de maturité, c'est-à-dire de l'âge gestationnel, celui-ci est dans la pratique souvent incertain. En revanche, le poids de naissance est une donnée aisément obtenue dans tous les cas. De fait, l'habitude s'est prise de considérer également le poids de naissance comme donnée de référence pour l'estimation du pronostic des prématurés. En outre, l'utilisation de ce critère permet les comparaisons internationales avec les pays en voie de développement, dont les moyens économiques limités ne permettent pas de financer l'achat d'appareils échographiques dans les institutions de soins, ou avec certains pays industrialisés, tels que les Etats-Unis, dont la politique de santé préconise un suivi moins précoce des grossesses.

Comme pour l'âge gestationnel, une classification des enfants a été établie selon leur poids de naissance. On parle :

- d'enfants de faible poids de naissance (*LBW : low-birth-weight*) lorsque celui-ci est compris entre 1500 et 2499 grammes ;
- d'enfants de très faible poids de naissance (*VLBW : very-low-birth-weight*) lorsqu'il est compris entre 1000 et 1499 grammes ;
- d'enfants de poids de naissance extrêmement faible (*ELBW : extremely-low-birth-weight*) lorsqu'il est compris entre 750 et 999 grammes ; et enfin
- de « *micronates* » pour des bébés nés avec un poids inférieur à 750 grammes.

1.2. Facteurs en cause dans la prématurité

Certains facteurs mis en cause dans la prématurité sont, sur la base de nombreuses données épidémiologiques, actuellement considérés comme « confirmés ». D'autres facteurs sont considérés comme favorisant la prématurité, nonobstant le fait que le consensus au niveau de ceux mentionnés n'est pas toujours évident. A l'heure actuelle cependant, la cause la plus importante de grande prématurité est la prématurité médicalement décidée ou « iatrogène » (Lequien, 1999). Celle-ci renvoie à une décision médicale d'extraction précoce de l'enfant, dans le cas de grossesses pathologiques.

1.2.1. La prématurité médicalement décidée

La prématurité « médicalement décidée » fait référence à un accouchement déclenché prématurément, lorsque le risque de poursuivre la grossesse est supérieur - que ce soit pour l'enfant ou pour la mère - aux risques de la prématurité ainsi induite. Selon Lequien (1999), ces extractions précoces sont essentiellement la conséquence de complications vasculo-rénales, menaçant la survie *in utero* de l'enfant. La prématurité iatrogène explique 20 à 30% des naissances prématurées, et constitue une part de plus en plus importante de la prématurité. En effet, des modifications sont apparues récemment dans les pratiques obstétricale et néonatale, à l'origine d'une augmentation du nombre des extractions précoces. On peut notamment invoquer le développement de nouveaux moyens de dépistage de la souffrance

fœtale, ainsi que celui de thérapeutiques permettant d'améliorer le pronostic vital des nouveau-nés (Foix-L'Hélias, Ancel & Blondel, 2000).

Selon Kaminski et Bréart, 45% des enfants nés grands prématurés (avant trente-trois semaines de gestation) sont issus de grossesse unique après décision d'extraction. Or, c'est dans ce groupe d'enfants que se concentre actuellement la plus grande part de la mortalité néonatale et de la morbidité à long terme. Cela soulève donc des questions d'ordre éthique, et notamment celle de la limitation du nombre de ces extractions précoces.

Si nombre d'enfants naissent prématurés du fait d'une décision médicale, certains facteurs, qui sont « confirmés », sont susceptibles de déclencher prématurément le travail.

1.2.2. Facteurs de risque confirmés

Le caractère multiple de la grossesse constitue le principal facteur de risque de prématurité lié à l'état de l'œuf. Celui-ci explique une part importante de la prématurité. Il est considéré comme en cause dans 25% de toutes les naissances prématurées, et dans 15% des naissances avant trente-trois semaines. En outre, le nombre de grossesses multiples ne cesse de croître - celles-ci sont ainsi passées de 2,5% de l'ensemble des naissances en 1995 à 3,5% en 1998 -, ce qui pourrait vraisemblablement avoir une incidence sur les taux de prématurité.

Par ailleurs, les malformations, congénitales ou acquises, du col utérin ou de l'utérus peuvent également induire un accouchement prématuré (voir notamment Dehan, Evrard, Ferre, Kaminski, de Mouzon, Nisand, Pourcelot & Sureau, 1997). C'est aussi le cas des anomalies placentaires (*placenta praevia* ou hématome rétroplacentaire), de l'hydramnios - qui correspond à un excès de liquide amniotique -, et des métrorragies – ou hémorragies utérines - du deuxième ou du troisième trimestres.

Enfin, certains facteurs maternels peuvent être mis en cause dans le déclenchement prématuré du travail. C'est le cas d'un antécédent d'accouchement très prématuré (Kristensen, Langhoff-Roos & Kristensen, 1995) ou de menace sévère d'accouchement prématuré, d'antécédents d'avortements spontanés (Basso, Olsen & Christensen, 1998 ; Berkowitz & Papiernik, 1993) ou d'IVG répétées (Lumley, 1993), d'une exposition à une fièvre sévère, d'origine bactérienne ou virale, des infections cervico-vaginales et des MST, à l'origine d'infections ascendantes pouvant infecter le liquide amniotique. Une situation précaire et en particulier un niveau socio-économique bas (voir notamment Papiernik, Bouyer & Dreyfus, 1995) et l'insuffisance voire l'absence (liée à celle de couverture sociale) de soins prénataux (Blondel, Du Mazaubrun & Bréart, 1996) sont également considérés comme des facteurs de risque confirmés de prématurité. Ainsi, le fait pour une femme de n'avoir eu aucun suivi médical pendant la grossesse ou de n'avoir pas pu bénéficier des consultations correspondant au suivi normal de celle-ci représente des facteurs pouvant expliquer une part non négligeable de la grande prématurité.

Certaines autres variables favorisent la survenue d'un accouchement prématuré. Elles ne peuvent cependant être considérées comme confirmées du fait d'un manque de consensus ou d'éléments d'informations au sujet de leur rôle dans l'explication de la prématurité.

1.2.3. Facteurs favorisants

Plusieurs facteurs sont considérés comme favorisant la prématurité : le caractère primipare de la grossesse (Foix-L'Hélias & al., 2000), l'incompatibilité Rhésus, les malformations chromosomiques et d'autres anomalies congénitales.

D'autres variables sont plus généralement mentionnées dans ce cadre : le caractère pénible de l'activité professionnelle maternelle ainsi que les cas de surmenage, la consommation de tabac par la mère, et son âge.

L'activité professionnelle de la mère est habituellement considérée comme diminuant le risque de prématurité, par rapport à l'inactivité ou au chômage. Elle peut cependant, notamment lorsqu'elle apparaît pénible (par exemple dans le cas d'un travail debout ou de certains travaux physiques intenses)[4], favoriser la survenue d'un accouchement prématuré (Henriksen, Hedegaard, Secher & Wilcox, 1995 ; Simpson, 1993). De la même manière, le surmenage et le fait pour une femme enceinte d'effectuer de nombreux déplacements augmentent le risque de prématurité.

Le tabagisme est souvent mentionné parmi les facteurs de risque de prématurité. Cependant, s'il apparaît que la consommation de tabac peut avoir des effets néfastes sur le développement du fœtus, elle ne semble pas constituer une cause réelle de prématurité, pas plus d'ailleurs que la consommation d'alcool ou qu'aucun autre facteur nutritionnel. Le tabagisme, comme la consommation d'autres drogues, apparaît associé davantage à l'insuffisance pondérale à la naissance plutôt qu'à la prématurité.

L'âge a également une incidence sur le fait d'accoucher ou non prématurément. Les femmes les plus à risque sont celles âgées de moins de 20 ans, et de plus de 35 ans (Petridou, Salvanos, Skalkidou, Dessypris, Moustaki & Trichopoulos, 2001 ; Pugliese, Vicedomini & Arsieri, 1997).

Enfin, certaines causes psychiques maternelles peuvent, lorsqu'elles sont cumulées avec d'autres facteurs de risque connus, augmenter l'impact de ces derniers. C'est le cas notamment : de la difficulté d'adaptation aux modifications de l'image corporelle, de l'absence de sentiment de plénitude pendant la grossesse (voir notamment Mamelle, Meason & Audras de la Bastie, 1988), ou encore du caractère difficile des relations avec l'entourage. Les événements de vie perçus comme stressants pendant la grossesse, de même que les facteurs de stress chronique ou l'existence de symptômes dépressifs, peuvent accroître les risques de prématurité (Dehan & al., 1997 ; Hedegaard, Henriksen, Sabroe & Secher, 1993). Toutefois, il manque d'études dans ce domaine.

Pour terminer sur ce point, il faut ajouter que la prématurité a, dans la plupart des cas, une origine multifactorielle. En tenant compte de différents facteurs et du fait que ceux-ci interviennent dans des proportions variables, Papiernik (1969) a élaboré un Coefficient de Risque d'Accouchement Prématuré. Néanmoins, la prématurité demeure parfois inexpliquée. Dès lors et dans une perspective de prévention des accouchements avant terme, il convient de préciser les causes de la prématurité.

---

[4] Ce fait avait déjà été noté en 1895 par Pinard, qui démontra devant l'Académie de Médecine que le surmenage de la femme enceinte est un facteur de risque de prématurité. Actuellement, nombre de recherches portent sur l'impact des conditions de travail sur le risque de prématurité. Les experts recommandent finalement que les femmes les plus exposées puissent bénéficier de la loi sur l'aménagement du poste de travail, sinon d'un congé prénatal plus précoce.

1.3. L'augmentation de la grande prématurité : un contexte inédit

Depuis plus de trente ans, les politiques de santé publique s'efforcent de faire reculer la prématurité. Pour autant, on a pu assister ces dernières années à une augmentation du taux de naissances avant terme dans nombre de pays occidentaux. Plusieurs raisons ont été proposées pour expliquer ce phénomène. Au Canada, on a notamment invoqué l'enregistrement plus complet des naissances extrêmement prématurées (ayant lieu entre la vingtième et la vingt-septième semaines), ainsi que l'utilisation accrue de techniques échographiques permettant une meilleure estimation de l'âge gestationnel (Craig, Thompson & Mitchell, 2002). Cependant, l'accroissement du taux de prématurité semble davantage s'expliquer par des modifications apparues dans le domaine médical.

1.3.1. Un contexte inédit

En France, la fréquence des naissances prématurées a nettement diminué pendant les années soixante-dix et quatre-vingt, suite à la mise au point du programme de Périnatalogie lancé en 1971. Depuis le début des années quatre-vingt-dix en revanche, le nombre d'enfants nés prématurés ou avec un faible poids tend à augmenter de façon préoccupante[5]. L'augmentation générale de la prématurité est essentiellement due à l'accroissement du nombre d'enfants nés grands ou très grands prématurés. Le taux de grande prématurité était, en France, de 1,3% des naissantes vivantes en 1995, de 1,5% en 1998 (Blondel, Goffinet & Bréart, 2001).

Pour ce qui peut paraître paradoxal, l'augmentation de la grande prématurité est due aux progrès réalisés ces dernières années dans le domaine médical. Elle s'explique en partie par la procréation médicalement assistée et par la prescription plus fréquente - parfois abusive et mal contrôlée - de traitements d'induction de l'ovulation. Ces derniers ont en effet pour conséquence l'augmentation du nombre de grossesses multiples à fort risque de prématurité ; ils pourraient être en cause dans 7% des naissances avant trente-trois semaines de gestation.

Plus fondamentalement, l'augmentation récente de la grande prématurité s'explique par des modifications dans les pratiques obstétricale et néonatale (Craig & al., 2002). Les extractions avant terme sont ainsi, comme cela a été signalé, réalisées de plus en plus souvent et de plus en plus précocement, d'autant plus que les progrès de la néonatalogie augmentent les chances de survie des nouveau-nés grands prématurés.

---

[5] La prématurité est passée de 5,9% de l'ensemble des naissances en 1995 à 6,8% en 1998. La proportion des enfants de faible poids de naissance s'est quant à elle accrue de 6,2% à 7,2%.

1.3.2. Evolution de la mortalité associée à une naissance prématurée

Depuis plusieurs décennies - dès les années soixante mais surtout depuis le milieu des années soixante-dix - (Abel Smith & Knight-Jones, 1990), le taux de mortalité associé à la prématurité ne cesse de diminuer, et ce, dans différentes régions du monde (Dehan, Evrard, Fessard & Gabilan, 1998 ; Nishida, 1993). Ce constat est valable pour les enfants nés avec un faible poids (Pharoah, Stevenson, Cooke & Stevenson, 1994), comme pour ceux nés avec un poids très faible (McCormick & Richardson, 2002) ou grands prématurés (Hille, den Ouden, Bauer, Van Den Oudenrijn, Brand & Verloove-Banhorick, 1994). Depuis les années quatre-vingt cependant, l'augmentation du taux de survie concerne surtout les enfants nés avec un poids extrêmement faible (Haas, Buchwald-Saal, Leidig & Mentzel, 1986a ; Saigal, Szatmari & Rosenbaum, 1992 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995), ou extrêmement prématurés (Downie, Jakobson, Frisk & Ushycky, 2002 ; Larroque, Bréart, Kaminski, Dehan, André, Burguet, Grandjean, Ledésert, Léveque, Maillard, Matis, Roze & Truffert, 2004 ; voir aussi Lorenz, Wooliever, Jetton & Paneth, 1998). Pour l'ensemble des enfants nés avec un poids extrêmement faible, le taux de survie rapporté est passé de 4% au début des années cinquante jusqu'à 50% à 80% dans les études plus récentes (voir notamment La Pine, Jackson & Bennett, 1995[6]), voire 90% selon certains auteurs (Bennett & Scott, 1997 ; Hoekstra, Ferrara, Couser, Payne & Connett, 2004). Ce pourcentage est d'autant plus important que la prématurité est moins extrême (Dehan & al., 1998 ; Greene, 2002 ; Hack & Fanaroff, 1999). Il dépend également d'autres facteurs (Hoekstra & al., 2004 ; Larroque & al., 2004).

1.3.3. Causes de l'augmentation du taux de survie des enfants nés grands prématurés

L'accroissement considérable du taux de survie des enfants nés grands prématurés s'explique par les progrès réalisés au niveau de leur prise en charge (Dehan & al., 1998 ; Kaplan & Mayes, 1997). Parmi ces avancées qui ont aussi permis d'améliorer le devenir des enfants anciens prématurés sur le plan neuro-développemental (Gaillard, Cooke & Shaw, 2001 ; Wolke, Samara, Bracewell & Marlow, 2004), les trois principales semblent être :

- l'augmentation du nombre de transferts réalisés *in utero* (Dehan & al., 1998) ;
- la diffusion de la corticothérapie anténatale (Stevenson, Verter, Fanaroff, Oh, Ehrenkranz, Shankaran, Donovan, Wright, Lemons, Tyson, Korones, Bauer, Stoll & Papile, 2000), prescrite à la mère dans le but d'obtenir une avance maturative de l'enfant sur le plan pulmonaire (Carbajal, Lenclen, Paupe, Blanc, Hoenn & Couders, 2001) ; et
- l'utilisation postnatale de surfactant exogène (Hack, Friedman & Fanaroff, 1996 ; La Pine & al., 1995), qui permet d'éviter l'apparition du syndrome de détresse respiratoire (Vohr & Msall, 1997).

---

[6] La Pine et al. (1995) se sont intéressés à l'évolution du taux de survie entre 1977 et 1990 chez des enfants nés avec un poids inférieur à 800 grammes, et ce, au regard des données concernant 95 enfants nés entre 1977 et 1980, 128 enfants nés entre 1983 et 1985, et 210 enfants nés entre 1986 et 1990. Au cours de ces trois périodes respectives, les taux de survie étaient de 20%, 36%, et 49%, ce qui représente une augmentation significative du taux de survie de 15% entre chacune des cohortes étudiées. Les auteurs ajoutent que le taux de survie atteignait 70% deux ans après la fin de l'étude.

Le développement de programmes nutritionnels plus adaptés et l'amélioration des techniques ventilatoires expliqueraient également l'augmentation des taux de survie associés à la grande prématurité (Dehan & al., 1998 ; Vohr & Msall, 1997).

Les avancées technologiques réalisées dans le domaine médical ont permis d'accroître les chances de survie de bébés naissant à des termes extrêmement précoces, avec des poids très faibles. Ces naissances aux termes les plus extrêmes nécessitent des soins intensifs durables, et une hospitalisation dépassant généralement le trimestre. C'est dire, comme le souligne Mellier (1999, p.5), que « sans constituer une nouveauté absolue, les questions autour de la prématurité sont posées dans des contextes inédits ». Elles soulèvent par ailleurs un certain nombre de problèmes d'ordres économique et éthique (Escobar, Littenberg & Petitti, 1991).

1.4. Le recul des limites de viabilité : un problème éthique

Ces dernières années, la survie des bébés nés longtemps avant terme est apparue possible de plus en plus précocement. En France et suite à une préconisation de l'OMS, tous les enfants nés vivants à partir de 22 semaines d'âge gestationnel ou pesant au moins 500 grammes doivent, depuis la loi du 8 janvier 1993, être enregistrés à l'Etat-Civil. Jusqu'à cette date, la déclaration légale et obligatoire de la naissance était fixée à 28 semaines d'aménorrhée.

De par ces « avancées », un postulat de toute-puissance semble s'être construit au cours de ces dernières décades. En effet, toute affection grave chez un nouveau-né a pendant très longtemps et de manière inéluctable conduit à son décès, cependant qu'on dispose aujourd'hui d'un ensemble de moyens permettant de faire vivre des enfants nés dans des conditions extrêmes. Néanmoins, le recul des limites de viabilité conduit les équipes médicales à s'interroger sur le bien-fondé et les éventuelles limitations de ces soins (Stjernqvist & Svenningsen, 1995).

S'il paraît difficile de répondre à ce dilemme sur un plan théorique, la réalité impose de plus en plus souvent aux équipes médicales de se fixer des repères « objectifs » pour la détermination des soins à donner aux nouveau-nés très prématurés[7] (voir notamment Hack & Fanaroff, 1999). Ceux-ci peuvent être décidés en fonction de critères cliniques ou de certaines conventions ; toutefois, des références subjectives interviennent inévitablement. Cela aboutit à une diversité d'attitudes selon les équipes soignantes et les conditions de l'organisation des soins, concernant les critères -âge gestationnel, poids à la naissance, risque de handicap- et les seuils considérés dans le choix d'entreprendre ou non une réanimation systématique (Cuttini, Kaminski, Garel, Lenoir & Saracci, 2000).

---

[7] Actuellement en France, la détermination de la limite inférieure d'âge gestationnel guidant une prise en charge des prématurés est l'objet d'un débat : doit-elle être fixée à 26, 25, voire 24 semaines comme cela est le cas au Canada ? L'essentiel de ce débat porte sur les enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes -d'âges gestationnels compris entre 22 et 25 semaines-, dont la prise en charge reste très difficile. Au delà de cette limite en revanche, les résultats n'autorisent plus à renoncer à une prise en charge maximale faisant intervenir l'ensemble des ressources à disposition.

Le recul actuel des limites de viabilité pose donc, comme cela transparaît ici, un certain nombre de problèmes éthiques (voir aussi Sibertin-Blanc, Hascoët & Tchénio, 2001). Ceux-ci sont actuellement l'objet de débats. A ce sujet, on pourra consulter l'avis n° 65 publié par le CCNE le 14 septembre 2000, relatif aux « Réflexions éthiques autour de la réanimation néonatale »[8].

Or, selon Lequien (1999, p.94) :

« l'évolution des pratiques est probablement irréversible, au moins dans un avenir prévisible. Quelles que soient les inquiétudes des uns ou des autres, il paraît actuellement inconcevable de remettre en question le principe de la prise en charge des « très grands prématurés », même si l'interventionnisme peut être freiné aux limites extrêmes ».

De fait, la surveillance épidémiologique des naissances très prématurées est essentielle. Il importe également de s'intéresser à la qualité de vie des enfants nés prématurément (La Pine & al., 1995 ; Pharoah & al., 1994 ; voir aussi Hoekstra & al., 2004 ; O'Brien, Roth, Stewart, Rifkin, Rushe & Wyatt, 2004). Il s'agit notamment d'identifier les séquelles possibles d'une naissance prématurée (Lowe & Papile, 1990), ainsi que leurs principales causes (Taylor, Klein, Schatschneider & Hack, 1998). Non seulement indispensables pour apporter des réponses aux problèmes d'ordre éthique qui se posent, les études dans ce domaine constituent également un élément fondamental de la prévention et de la prise en charge précoce des conséquences éventuelles de ces naissances difficiles (Bréart, 2001).

Assurer leur devenir, leur avenir, est une exigence éthique pour tous les enfants nés dans des conditions difficiles, et parmi eux pour les prématurés.

L'intérêt pour les conséquences d'une naissance avant terme n'est pas nouveau. Depuis les années vingt en effet, nombre d'auteurs ont cherché à caractériser, comprendre et prédire le développement des enfants nés prématurés (Capper, 1928 cité par Kaplan & Mayes, 1997). Toutefois et compte tenu du recul des limites de viabilité et de l'amélioration des techniques de prise en charge de ces enfants, il apparaît essentiel de réexaminer l'impact à long terme de la prématurité sur le développement (Escobar & al., 1991 ; Kaplan & Mayes, 1997), et ce, notamment en ce qui concerne les enfants nés aux termes les plus extrêmes (Bennett & Scott, 1997 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995). L'amélioration des connaissances doit porter non seulement sur les troubles « majeurs », mais aussi sur les déficits plus subtils qui touchent les fonctions cognitives et motrices ainsi que la sphère comportementale (McCormick, Gortmaker & Sobol, 1990), et peuvent compromettre les apprentissages. Il importe également de mieux comprendre les facteurs qui influencent le devenir des enfants anciens prématurés (Bréart, 2001).

[8] Cet avis est consultable sur le site du CCNE (http://www.ccne-ethique.org).

2. Séquelles majeures et séquelles mineures de la prématurité

Dans les années cinquante, Pasamanick et Lilienfield (1955 ; voir aussi Pasamanick, Rogers & Lilienfield, 1956, cités par Breslau, Brown, Deldotto, Kumar, Ezhuthachan, Andreski & Hufnagle, 1996) proposaient que les complications associées à la grossesse et à la naissance ont pour conséquence un '*continuum of reproductive casualty*', qui va de la mort et du handicap profond à l'infirmité motrice cérébrale, à la déficience mentale, aux troubles de la lecture et aux problèmes comportementaux. Pour Breslau (1995), ces travaux « historiques » sont à la base de l'intérêt actuel pour les séquelles « neuropsychiatriques » présentées par certains des individus nés avec un faible poids.

Selon une classification de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les troubles associés à une naissance prématurée ont été distingués en séquelles « majeures » et « mineures » (François, Battisti, Bertrand, Kalenga & Langhendries, 1998). Sont inclus, dans les séquelles dites majeures : l'infirmité motrice cérébrale (IMC), la cécité, la surdité, le retard mental sévère (défini par un quotient de développement - ou QD - < 50), et l'épilepsie. Les séquelles dites mineures renvoient à la maladresse motrice et aux signes neurologiques anormaux, au strabisme, aux troubles de la réfraction et à l'amblyopie, à l'hypoacousie, au retard mental limité (QD = 70-85) ou modéré (QD = 50-70), aux troubles instrumentaux et de l'apprentissage, aux troubles du langage, aux troubles du comportement et de l'attention. Si cette catégorisation a un intérêt évident, il faut toutefois noter que « la distinction entre séquelles majeures et mineures ne reflète pas toujours exactement l'impact de l'anomalie sur la vie de l'enfant et de sa famille » (François & al., 1998, p. 569 ; voir aussi Sibertin-Blanc & al., 2001).

2.1. Séquelles majeures de la prématurité

Notre travail vise essentiellement à préciser les processus en cause dans les troubles cognitifs et/ou comportementaux mineurs relevés chez un certain nombre d'enfants nés avant terme. La présentation des séquelles majeures de la prématurité, préalablement à celle plus détaillée de ses séquelles « légères », nous paraît toutefois indispensable.

2.1.1. Principales séquelles majeures de la prématurité

Les séquelles majeures de la prématurité renvoient à un ensemble varié de troubles neurologiques et/ou sensoriels, affectant le développement moteur et cognitif (Haas & al., 1986a). Toutefois, les critères utilisés pour les définir diffèrent entre auteurs (Hack & Fanaroff, 1999). Escobar et al. (1991) soulignent le manque de consensus concernant le degré de gravité des troubles associés à une naissance avant terme. Par exemple, des déficits considérés comme sévères voire extrêmement sévères dans certaines études – tels que la cécité, la surdité ou l'infirmité motrice cérébrale - seront qualifiés de mineurs ou modérés par d'autres auteurs. Il existe également des divergences en ce qui concerne la limite des scores considérée comme référence pour caractériser le retard mental sévère. Selon l'OMS, ce terme

s'applique aux enfants présentant un quotient de développement inférieur à 50. Néanmoins, nombre d'auteurs utilisent cette appellation en référence aux scores de QD ou de QI (quotient intellectuel) inférieurs à 71, 70 ou 68 (Hack & al., 1996 ; Kitchen, Ford, Rickards, Lissenden & Ryan, 1987) ; La Pine et al. (1995) l'emploient concernant les scores inférieurs à 80.

Par ailleurs, d'autres troubles sont parfois mentionnés parmi ceux dits sévères associés à une naissance avant terme, dont la microcéphalie et l'hydrocéphalie (Lorenz & al., 1998 ; Saigal, Hoult, Streiner, Stoskopf & Rosenbaum, 2000).

En dépit de certaines divergences, plusieurs pathologies sont citées de manière récurrente en tant que séquelles majeures associées à une naissance avant terme (voir notamment Lorenz & al., 1998) : le retard mental, les déficits visuels (Bennett, 1988) et les déficits auditifs permanents (Knoches & Doyle, 1993), et surtout l'infirmité motrice cérébrale.

Ces troubles sévères concerneraient 10 à 18% des enfants nés grands prématurés ou avec un poids très faible (Escobar & al., 1991 ; Fawer, Besnier, Forcada, Buclin & Calame, 1995), et 20 à 30% des enfants nés très grands prématurés ou avec un poids extrêmement faible (D'Angio, Sinkin, Stevens, Landfish, Merzbach, Ryan, Phelps, Palumbo & Myers, 2002 ; Lorenz & al., 1998).

L'infirmité motrice cérébrale est considérée comme le trouble le plus courant chez les anciens prématurés (Bennett & Scott, 1997). Nous assimilons ici le terme d'infirmité motrice cérébrale (IMC) à celui de paralysie cérébrale (*cerebral palsy*), alors même que les deux renvoient à des concepts légèrement différents : le terme d'infirmité cérébrale, contrairement à celui de paralysie cérébrale, tient compte de l'étiologie – en l'occurrence périnatale - de la lésion.

2.1.2. L'infirmité motrice cérébrale

L'infirmité motrice cérébrale (IMC) constitue une notion générique qui renvoie à un ensemble varié de troubles moteurs non-progressifs, bien que fréquemment changeants, ayant pour origine une lésion ou certaines anomalies affectant le cerveau au cours des phases précoces de son développement (Kok, den Ouden, Verloove-Vanhorick & Brand, 1998 ; Mutch, Alberman, Hagberg, Kodama & Perat, 1992). Toutefois, la pathogénie de ces troubles demeure obscure (Powell, Pharoah, Cooke & Rosenbloom, 1988a).

L'IMC est plus fréquente chez les enfants nés prématurés, y compris chez ceux nés avec un faible poids, que chez les enfants nés à terme. La valeur médiane de la fréquence d'IMC est de 7,7% dans la revue réalisée par Escobar et al. (1991) sur 11 études en cohorte d'enfants nés avec un très faible poids depuis 1960 (voir aussi Bennett & Scott, 1997 ; Hack, Taylor, Klein, Eiben, Schatschneider & Mercuri-Minich, 1994 ; Lorenz & al., 1998), ce qui représente un taux près de 40 fois supérieur à celui observé dans la population générale. Dans l'étude de Jongmans, Mercuri, de Vries, Dubowitz et Henderson (1997), 26 des 183 enfants nés avant 35 SA - soit 14% d'entre eux -, souffrent d'IMC.

Le taux d'IMC augmente avec la sévérité de la prématurité[9] : il serait de 3% à 4% chez les enfants nés avec un faible poids (Powell, Pharoah, Cooke & Rosenbloom, 1988b), et

[9] Contrairement à Escobar et al. (1991), plusieurs auteurs montrent ainsi que l'incidence de l'IMC varie avec le poids de naissance (Hack & al., 1994 ; Hack & al., 1996) et l'âge gestationnel (Jongmans & al., 1997 ; Sizun & al., 1998), dépendant des « formes » (Powell & al., 1988a ; Powell & al., 1988b).

pourrait atteindre 40% chez les enfants nés avec un poids extrêmement faible (Han, Bang, Lim, Yoon & Kim, 2002). D'autres facteurs augmentent le risque pour un enfant de présenter une IMC : le sexe masculin (Lauterbach, Raz & Sander, 2001 ; Sizun, Le Pommelet, Lemoine, Cauvin, Sparfel, Louarn, Cornec & de Parscau, 1998), une infection néonatale, une asphyxie sévère à la naissance, ainsi que le développement d'un syndrome de détresse respiratoire (Han & al., 2002).

Plusieurs problèmes se posent lors de l'évaluation de l'incidence de l'IMC chez les enfants anciens prématurés, qui peuvent expliquer les différences entre études au niveau des taux rapportés. D'une part, il n'existe ni test objectif de dépistage, ni instrument de diagnostic pour l'IMC. D'autre part, le diagnostic de cette pathologie ne peut être considéré comme stable avant l'âge de 5 ans, en raison de la maturation neurologique et de la possible « guérison » (Knoches & Doyle, 1993). Des signes évoquant une IMC peuvent être observés jusque l'âge de 6 mois et disparaîtrent ensuite ; à l'inverse, ces caractéristiques peuvent ne devenir apparentes que vers l'âge de 12 à 18 mois (Vohr & Msall, 1997). En outre, le type et la sévérité de l'atteinte fonctionnelle de l'IMC sont susceptibles d'évoluer au cours des premières années de vie (François & al., 1998). Ainsi, l'incidence de l'IMC varie en fonction de l'âge auquel sont réalisées les évaluations ; elle est généralement d'autant plus élevée que les enfants sont suivis plus longtemps (Escobar & al., 1991).

La prise en compte de l'âge est donc nécessaire dans les études qui s'intéressent à l'incidence de l'IMC chez les enfants nés avant terme. Elle est plus généralement primordiale lors de l'évaluation de l'ensemble des séquelles de la prématurité (Nishida, 1993 ; voir aussi Abel Smith & Knight-Jones, 1990 ; Astbury, Orgill, Bajuk & Yu, 1990). Même si la majorité des troubles neuro-sensoriels sévères est diagnostiquée pendant la première année de vie (Astbury, Orgill & Bajuk, 1987), il semble bien qu'une estimation valide et fidèle des séquelles neuro-développementales de la prématurité n'est pas possible avant l'âge scolaire (François & al., 1998).

2.1.3. Etiologie des séquelles majeures

Des lésions cérébrales, corticales ou sous-corticales, sont en cause dans l'apparition des séquelles neuro-développementales associées à une naissance prématurée. Un certain nombre de ces lésions, le plus souvent acquises au cours des premiers jours de vie extra-utérine, sont d'origine hémorragique ou ischémique (Haas, Asprion, Leidig, Buchwald-Saal & Mentzel, 1986b ; Krägeloh-Mann, Toft, Lunding, Andresen, Pryds & Lou, 1999). Elles sont localisées au niveau des régions périventriculaire et intraventriculaire, et peuvent être visualisées à l'échographie cérébrale en période néonatale (François & al., 1998) ou par IRM plus tardivement (voir notamment Nosarti, Al-Asady, Frangou, Stewart, Rifkin & Murray, 2002 ; Peterson, Vohr, Staib, Cannistraci, Dolberg, Schneider, Katz, Westerveld, Sparrow, Anderson, Duncan, Makuch, Gore & Ment, 2000).

Les troubles observés chez un certain nombre d'enfants anciens prématurés ont longtemps été associés à des lésions hémorragiques cérébrales d'apparition postnatale, intraventriculaires et intraparenchymateuses (Dehan & al., 1998). Ils sont actuellement compris comme résultant principalement d'une leucomalacie périventriculaire (Dehan & al., 1998 ; Downie & al., 2002).

2.1.3.1. La leucomalacie périventriculaire

La leucomalacie périventriculaire représente une atteinte de la substance blanche périventriculaire (Perlman, 1998). Elle se constitue essentiellement en période anténatale ou périnatale (Takashima, Iida & Deguchi, 1995), et peut notamment faire suite à un stress hypoxique, par exemple dans le cas d'une dysplasie broncho-pulmonaire (Hughes, O'Gorman, Shyr, Schork & McCormick, 1999). Des facteurs neurotoxiques, d'origine inflammatoire ou infectieuse, sont également en cause dans la survenue d'une telle lésion (Dehan & al., 1998).

Présente chez 5% des enfants nés avant 33 SA (Larroque, Marret, Ancel, Arnaud, Marpeau, Supernant, Pierrat, Matis, Roze, Cambonie, Burguet, André, Kaminski, Bréart & the Epipage Group, 2003) et d'autant plus fréquente que la prématurité est sévère, la leucomalacie périventriculaire explique en grande partie les troubles fonctionnels tardifs observés chez ces enfants. Elle est considérée comme la principale cause des séquelles majeures associées à une naissance avant terme (Nishida, 1993), et en particulier de l'IMC (Bennett & Scott, 1997 ; Perlman, 1998). Le type et la sévérité de celle-ci dépendent de l'étendue de la lésion (Han & al., 2002). De façon plus générale, les pathologies résultantes se différencient en fonction de la date de la lésion et de sa topographie (Bloch, Lequien & Provasi, 2003).

Les atteintes de la région périventriculaire ont souvent pour conséquence l'interruption des faisceaux corticospinaux descendant du cortex moteur. De fait, elles sont fréquemment à l'origine de troubles moteurs. Parce qu'elles sont susceptibles de toucher les radiations optiques ainsi que les radiations acoustiques (Takashima & al., 1995), ces lésions peuvent également être responsables de déficits visuels (Perlman, 1998) et de difficultés relatives au traitement de l'information auditive (Hall, MacLeod, Counsell, Thomson & Mutch, 1995 ; Keller, Ayub, Saigal & Bar-Or, 1998). Les handicaps visuels, qui vont du strabisme aux amblyopies, sont les plus fréquents. Comme les troubles moteurs associés à la leucomalacie périventriculaire, ils sont à l'origine de déficits cognitifs (Bloch, Lequien & Provasi, 2003).

2.1.3.2. Autres lésions cérébrales : les hémorragies intracrâniennes

Les hémorragies intracrâniennes concernent 20 à 40% des enfants nés avant 35 SA. Ces lésions comprennent les hémorragies intraparenchymateuses (HIP) – responsables d'un taux élevé de mortalité néonatale et de graves séquelles neurocognitives ou motrices -, les hémorragies sous-épendymaires (HSE) – qui n'entraînent pas de séquelles graves lorsqu'elles sont isolées - et les hémorragies intraventriculaires (HIV).

Selon les données récentes du *National Institute of Child Health and Human Development* (Greene, 2002), 9% des enfants nés avec un poids compris entre 501 et 1000 grammes présentent des hémorragies intracrâniennes sévères - de mauvais pronostic -, dont celles intraventriculaires de grade 3 ou 4. Celles-ci, comme d'autres désordres cérébraux, peuvent également être à l'origine de troubles fonctionnels majeurs (Stevenson & al., 2000), et en particulier de l'IMC. Cependant, le risque est ici plus faible que dans le cas d'une leucomalacie périventriculaire (Han & al., 2002).

Comme pour cette dernière, la survenue d'une hémorragie intraventriculaire est d'autant plus fréquente que le poids de naissance ou l'âge gestationnel est faible (Larroque & al., 2003 ; Vollmer, Roth, Baudin, Stewart, Neville & Wyatt, 2003).

2.1.4. L'effet différentiel du terme sur les lésions cérébrales et les séquelles neurologiques

Les enfants nés prématurés constituent un groupe non homogène au regard des conditions de naissance. Ceux nés aux termes les plus bas présentent davantage de risque de souffrir de complications médicales, et notamment de problèmes respiratoires sévères, qui ont des effets à long terme au niveau du système nerveux central (Chapiesky & Evankovitch, 1997 ; voir aussi Haas & al., 1986b). De fait, non seulement la fréquence mais aussi la gravité des lésions cérébrales sont fonction de la maturité de l'enfant. La gravité de ces lésions dépend également de la sévérité – en l'occurrence, du type et de la durée - du stress hypoxo-ischémique souvent en cause dans leur apparition (Korkman, Liikanen & Fellman, 1996). La sévérité de l'atteinte fonctionnelle - notamment pour ce qui concerne l'IMC (Han & al., 2002) - étant elle-même fonction de la gravité des lésions cérébrales péri- ou intraventriculaires (Gray, Tudehope, Masel, Burns, Mohay, O'Callaghan & Williams, 1993 ; Lowe & Papile, 1990), il existe finalement une relation entre les caractéristiques bio-médicales de l'enfant (et notamment sa maturité, voir Bennett & Scott, 1997), l'importance des complications médicales dont il a pu souffrir (Hack & Fanaroff, 1999), et les troubles pouvant être observés à long terme. Il est à noter que les principales complications médicales ayant une influence sur le développement de l'enfant incluent : la dysplasie broncho-pulmonaire, les atteintes cérébrales sévères, l'entéro-colite nécrosante, les infections nosocomiales, et la rétinopathie de la prématurité (Hack & al., 1994 ; Piecuch, Leonard, Cooper, Kilpatrick, Schleuter & Sola, 1997).

Si des lésions péri- et intraventriculaires sévères sont généralement en cause dans l'apparition des troubles majeurs observés chez certains anciens prématurés (voir aussi Demange, 2001), les atteintes cérébrales de degrés moindres ont souvent des conséquences fonctionnelles moins invalidantes, séquelles alors qualifiées de « mineures ». Moins sévères, celles-ci sont aussi moins visibles que l'IMC (Saigal, Szatmari, Rosenbaum, Campbell & King, 1991). Elles peuvent d'ailleurs rester inaperçues plusieurs années (Saigal, Szatmari, Rosenbaum, Campbell & King, 1990), notamment lorsque la seule absence de trouble neuro-sensoriel majeur est retenue comme critère de normalité (Zubrick, Macartney & Stanley, 1988). De fait, ces séquelles mineures sont repérées tardivement, souvent pas avant l'entrée à l'école (Leonard & Piecuch, 1997 ; Nishida, 1993).

2.2. Séquelles mineures de la prématurité

Nous évoquons brièvement les principales séquelles « mineures » de la prématurité, abordons quelques éléments relatifs à leur étiologie, et rappelons qu'elles font l'objet, depuis ces dernières années, d'un intérêt croissant. Ces quelques paragraphes ne sont toutefois qu'introductifs : l'ensemble des troubles cognitifs et comportementaux associés à une naissance prématurée sera détaillé dans la suite de ce chapitre.

2.2.1. Principales séquelles mineures

Les séquelles dites « mineures » de la prématurité font référence à des troubles divers du développement (Bennett & Scott, 1997 ; Orr, James & Casper, 1992), « mal organisés et évolutifs » (Sibertin-Blanc & al., 2001, p. 453). Comme nous le verrons plus en détails, ceux-ci incluent : les performances inférieures à la normale aux tests d'intelligence, les anomalies motrices persistantes telles que les difficultés d'équilibre ou de coordination, les problèmes perceptifs (qui concernent particulièrement le domaine visuo-spatial), les troubles de la parole et du langage, et les difficultés d'apprentissage. Des difficultés comportementales ont également été relevées, dont certaines sont décelées très tôt. Elles touchent notamment la maturité émotionnelle et les compétences sociales, et renvoient également aux difficultés d'attention et à l'hyperactivité.

Pour François et al. (1998, p. 568), « le tableau clinique typique est une association variable de troubles moteurs, de troubles visuels et de troubles cognitifs ».

Comme pour les atteintes les plus graves, la proportion d'enfants présentant des séquelles dites mineures augmente à mesure que le poids de naissance et/ou l'âge gestationnel diminuent (La Pine & al., 1995 ; Mutch, Leyland & McGee, 1993). C'est en particulier le cas pour les troubles de la motricité (Marlow, Roberts & Cooke, 1989) ; cela l'est aussi pour les difficultés relatives à la coordination, au langage, aux capacités d'apprentissage, aux compétences sociales, aux processus attentionnels, entre autres (Bennett, 1994, cité par La Pine & al., 1995).

Si l'incidence de ces troubles est fortement liée à la maturité de l'enfant à la naissance, elle dépend également d'un grand nombre de variables d'ordres bio-médical, socio-environnemental et psychologique. Nous les détaillerons à la fin de ce chapitre.

2.2.2. Etiologie des séquelles mineures

Si les troubles majeurs sont davantage liés à la présence de complications néonatales qu'aux facteurs de risque sociaux (Hack & al., 1994), les séquelles tardives légères de la prématurité ont une origine incontestablement multifactorielle, faisant intervenir des variables biologiques, psycho-sociales et environnementales (Brazy, Eckerman, Oehler, Goldstein & O'Rand, 1991 ; Chapieski & Evankovitch, 1997 ; Klein, Hack, Gallagher & Fanaroff, 1985 ; Krägeloh-Mann & al., 1999). Par exemple, les problèmes de comportement relevés chez certains enfants nés très prématurément pourraient être une conséquence « psychologique » du sentiment d'insécurité que peuvent éprouver leurs parents (Stjernqvist & Svenningsen, 1999). Néanmoins, les troubles cognitifs et comportementaux associés à une naissance avant terme peuvent en partie être compris comme les symptômes de dysfonctionnements neurologiques mineurs (Breslau, 1995 ; Lowe & Papile, 1990 ; Sommerfelt, Ellertsen & Markestad, 1993 ; Zuazo, Garaizar & Prats, 1999). C'est le cas notamment de l'hyperactivité (Botting, Powls, Cooke & Marlow, 1997 ; Girouard, Baillargeon, Tremblay, Glorieux, Lefebvre & Robaey, 1998 ; Klebanov, Brooks-Gunn & McCormick, 1994), des troubles de l'attention (Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Wolke, 1998), ainsi que d'autres déficits touchant les fonctions « neuropsychologiques » (Isaacs, Lucas, Chong, Wood, Johnson, Marshall, Vargha-Kadem & Gadian, 2000 ; Peterson & al., 2000). Plus précisément et comme cela a déjà été évoqué, les troubles observés chez les enfants anciens prématurés constitueraient les

séquelles de complications médicales qui, de manière directe ou indirecte, compromettent l'intégrité et/ou le développement du système nerveux central (Vohr, Garcia Coll, Mayfield, Brann, Shaul & Oh, 1989).

Pendant longtemps, ces dysfonctionnements cérébraux n'ont été que « supposés ». De fait, le concept d'*organic behaviour syndrome* a été développé dès la première moitié du vingtième siècle (Kann & Cohen, 1934 ; Rosenfeld & Bradley, 1948, cités par Pharoah & al., 1994). Ont suivi les notions de *minimal cerebral dysfunction*, de *minimal brain dysfunction syndrome*, et de *minimal brain damage*, l'adjectif *minimal* renvoyant au caractère imperceptible des perturbations cérébrales en cause dans les troubles observés.

Récemment cependant, le développement des techniques d'imagerie cérébrale a permis d'assurer l'existence de ces dysfonctionnements, et de les localiser. Ainsi, l'utilisation de ces méthodes a abouti à la mise en évidence d'anomalies cérébrales identifiables chez des enfants nés prématurément, au cours de la période néonatale (Maalouf, Duggan, Rutherford, Counsell, Fletcher, Battin, Cowan & Edwards, 1999) et à plus long terme (Nosarti & al., 2002). Ces anomalies touchent la substance blanche d'une part, des structures – de la substance grise - corticales et sous-corticales d'autre part (Peterson & al., 2000). Les premières renvoient notamment à des dysfonctionnements affectant la myélinisation (Takashima & al., 1995). Les secondes incluent : des lésions au niveau du cortex temporal, pariétal ou encore au niveau du cervelet. Elles affectent également les ganglions de la base, l'amygdale, l'hippocampe et le corps calleux (Peterson & al., 2000 ; voir aussi Cooke & Abernethy, 1999 en ce qui concerne le corps calleux ; Stewart, Rifkin, Amess, Kirkbride, Townsend, Miller, Lewis, Kingsley, Moseley, Foster & Murray, 1999). De fait, plusieurs auteurs ont fait état de différences significatives entre les anciens prématurés et les témoins nés à terme au niveau des volumes de ces différentes régions cérébrales – mesurés par IRM -, à l'âge de 8 ans (Peterson & al., 2000) et à l'adolescence (Nosarti & al., 2002).

Par ailleurs, les volumes de différentes régions corticales, également liés à l'âge gestationnel, sont corrélés positivement et de façon significative aux scores des enfants aux échelles d'intelligence (Peterson & al., 2000). De la même manière, il apparaît que les anomalies de la substance blanche – en l'occurrence, un retard de myélinisation - sont corrélées à des déficits perceptifs et moteurs (Skranes, Vik, Nilsen, Smevik, Andersson & Brubakk, 1997). Enfin, des données récentes suggèrent que les plus faibles performances scolaires et cognitives des enfants nés avant terme ne sont pas dues à la prématurité en tant que telle, mais à la présence et/ou à la sévérité des lésions cérébrales périventriculaires (Frisk & Whyte, 1994) ou intracrâniennes (Vollmer & al., 2003) acquises au cours de la période périnatale.

L'ensemble de ces données confirme que les complications périnatales associées à une naissance prématurée génèrent à long terme – jusqu'à l'adolescence au moins (Nosarti & al., 2002) - des perturbations du développement cérébral. Ces dysfonctionnements peuvent eux-mêmes expliquer, dans une certaine mesure en tous cas, les déficits cognitifs et comportementaux relevés chez les enfants nés prématurément (voir aussi Downie & al., 2002). Enfin, l'observation d'une corrélation significative entre les volumes de différentes régions cérébrales et l'âge gestationnel laisse à penser que le bouleversement généré au niveau du développement cérébral est proportionnel au degré d'immaturité du nouveau-né, et donc à la sévérité de la prématurité (Peterson & al., 2000).

Jusque récemment, la majorité des chercheurs dans ce domaine s'intéressait aux séquelles majeures de la prématurité. En revanche, les études sur les troubles plus légers des enfants anciens prématurés d'âge scolaire étaient beaucoup moins nombreuses (Hille, den Ouden & Saigal, 2001). Depuis plusieurs années cependant, un nombre croissant de recherches porte sur l'influence de la prématurité dans des domaines beaucoup plus variés du développement (Vohr & Msall, 1997). Une des principales raisons à cet intérêt tient au fait que les difficultés manifestées par les enfants nés avant terme dans les domaines moteur, cognitif et comportemental sont actuellement beaucoup plus fréquentes que les troubles majeurs (Bennett & Scott,1997 ; Teplin, Burchinal, Johnson-Martin, Humphry & Kraybill, 1991).

2.2.3. Un intérêt croissant, et primordial, pour les troubles « mineurs » associés à une naissance prématurée

Le nombre des enfants nés grands prématurés survivants, et en particulier de ceux nés aux termes les plus bas, augmente depuis plusieurs décennies. En revanche et au moins jusqu'à ces dernières années, la proportion d'enfants présentant des séquelles neurologiques sévères ne semble pas s'être modifiée (Downie & al., 2002 ; Hack & Fanaroff, 1999 ; Lorenz & al., 1998). Néanmoins, les récents progrès réalisés dans le domaine médical n'ont pas permis la diminution des séquelles « mineures » associées à une naissance prématurée. Ainsi, près de la moitié d'une cohorte d'enfants nés à 34 SA ou moins et indemnes de séquelle majeure présente, à l'âge de 5 ans, un ou plusieurs troubles neuropsychologiques mineurs : troubles moteurs, visuels ou auditifs, langagiers, et anomalies du comportement (Fawer & al., 1995). Dans la littérature et dépendant des définitions et des méthodes d'évaluation, les taux d'incidence rapportés varient de 20 à 69% pour les anomalies neuromotrices, de 14 à 55% pour les troubles du langage et de 30 à 50% pour les problèmes de comportement (Ornstein, Ohlsson, Edmonds & Asztalos, 1991).

Ainsi, pour Bennett et Scott (1997, p. 192) :

"the good news is that the clear majority of these contemporary fragile survivors are without major impairments ; the bad news, however, is that most will encounter one or more of the minor impairments".

Cet état de fait, qui peut d'ailleurs expliquer l'intérêt grandissant pour le développement des enfants anciens prématurés indemnes de séquelle neurologique grave, rend fondamentale l'amélioration des connaissances relatives aux troubles mineurs associés à une naissance avant terme. Celle-ci est d'autant plus urgente que « les séquelles tardives dites « légères » le sont beaucoup moins si on envisage leurs conséquences sur le destin scolaire et social des enfants atteints » (Sibertin-Blanc, Tchénio & Vert, 2002, p.450), et, par là, sur leur adaptation future (Bennett & Scott, 1997). Dès lors, la prise en charge de ces séquelles mineures, sinon leur prévention, constitue une priorité. Dans cette perspective, une meilleure compréhension des causes et des mécanismes à l'œuvre dans les troubles observés est essentielle.

Si, d'un point de vue fondamental comme appliqué, beaucoup reste à découvrir et à développer, la littérature sur les séquelles tardives légères de la prématurité est aujourd'hui abondante. C'est à une revue de ces travaux que nous allons maintenant nous consacrer.

3. Introduction à la revue des études sur le sujet : problèmes méthodologiques et implications

Ces dernières années, un nombre croissant d'auteurs s'est intéressé aux conséquences de la prématurité dans différents domaines de la cognition. Avant d'aborder quelques-uns des principaux résultats auxquels ils sont parvenus, nous souhaitons mentionner plusieurs problèmes méthodologiques inhérents aux études réalisées dans ce secteur de recherche. Ces problèmes concernent principalement : la constitution des échantillons d'étude, le choix des instruments d'évaluation, et la prise en compte des variables influant sur le développement des enfants anciens prématurés.

3.1. Problèmes méthodologiques au niveau de la constitution des échantillons

Plusieurs problèmes apparaissent tout d'abord, qui concernent la sélection des sujets et la constitution des échantillons d'étude.

Le premier, d'ordre général, est relatif au caractère approximatif de la description des échantillons considérés dans les recherches sur le développement des enfants anciens prématurés. A ce propos, il importe de préciser l'étendue d'âges gestationnels ou de poids de naissance considérée, ainsi que l'année de naissance des enfants de la cohorte, et ce, du fait des évolutions concernant les modalités de prise en charge (voir notamment Larroque, 2004). Il existe également de nombreuses divergences entre auteurs en ce qui concerne les critères d'inclusion et d'exclusion établis (Abel Smith & Knight-Jones, 1990), entre autres, ce qui rend malaisée la comparaison entre études.

Une autre source de difficultés dans ce domaine de recherche tient au caractère non homogène de cette population.

3.1.1. Différentes catégories d'enfants souvent mélangées

Les enfants nés prématurés représentent un groupe très hétérogène, notamment au regard des conditions de naissance. Celles-ci sont fonction de la sévérité de la prématurité (Chapieski & Evankovitch, 1997), les enfants nés aux termes les plus bas étant davantage susceptibles de souffrir de complications médicales (Sansavini, Rizzardi, Alessandroni & Giovanelli, 1996).

Or, bien que les facteurs bio-médicaux sont associés à des risques variables de troubles ultérieurs, nombre d'études « traitent » les différentes catégories d'enfants nés avant terme de la même façon. Les comparaisons « intra-catégorie », dont celles effectuées entre les

différents groupes distingués selon l'âge gestationnel ou le poids de naissance, ou entre les enfants *inborn* et ceux *outborn*, ne concernent qu'une minorité d'études (Aylward, Pfeiffer, Wright & Verhulst, 1989). En outre, les enfants nés avec un poids approprié compte tenu de l'âge gestationnel et ceux ayant présenté un retard de croissance intra-utérin sont souvent confondus ou encore mal appariés (Robertson, Etches & Kyle, 1990), et ce, en dépit de la nécessité de considérer à la fois l'âge gestationnel et le poids de naissance des enfants pour une évaluation valide des conséquences de la prématurité.

La majorité des études réalisées dans ce domaine manque ainsi de groupes appropriés de comparaison. Pour ce qui est plus préjudiciable encore, nombre d'études ne disposent pas de groupe contrôle d'enfants nés à terme (Pharoah & al., 1994).

3.1.2. Le non-recours à groupe contrôle

La constitution d'un groupe contrôle d'enfants nés à terme est indispensable pour plusieurs raisons.

Elle est tout d'abord essentielle en tant que les normes des instruments d'évaluation peuvent devenir obsolètes (Kalmar, 1996 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995), les scores augmentant régulièrement avec le temps ; ce phénomène est qualifié d'effet Flynn. De fait, une étude qui ne comparerait pas les performances des enfants nés prématurés à celles d'un groupe témoin et ne se baserait que sur les normes d'un test pourrait avoir pour conséquence de sous-estimer, parfois dans une large mesure, les problèmes cognitifs des enfants anciens prématurés (Dammann, Walther, Allers, Schroder, Drescher, Lutz, Veelken & Schulte, 1996 ; Doyle & Casalaz, 2001 ; Wolke & al., 2004).

L'utilisation d'un groupe contrôle est également nécessaire du fait des différences entre les échantillons d'enfants anciens prématurés et ceux ayant servi à la standardisation des instruments au regard des origines socio-économiques (Kalmar, 1996). En effet, ceux issus de familles de faible statut socio-économique sont sur-représentés au sein des échantillons d'enfants nés avant terme (Kopp, 1990 ; Sameroff, 1986).

Il convient enfin de comparer le développement des enfants nés prématurément avec celui d'enfants témoins en raison des possibles divergences au niveau des modalités de développement – *i.e.*, des « trajectoires développementales » - entre les deux groupes. Kalmar (1996) a ainsi mis en évidence une évolution différente des patterns de notes chez 55 enfants nés prématurés - indemnes de malformations congénitales, de déficits sensoriels ou de complications périnatales sévères - comparés à 100 enfants témoins nés à terme, évalués jusqu'à l'âge de 8 ans à l'aide de la version hongroise du test d'intelligence de Binet.

En dépit de ces éléments cependant, les recherches disposant d'un groupe témoin d'enfants nés à terme sont minoritaires. D'après la méta-analyse réalisée par Aylward et al. (1989), seules 31% des études considérées effectuées dans les années quatre-vingt présentent un tel groupe contrôle. Si cette proportion est sans nul doute beaucoup plus importante à l'heure actuelle, la constitution d'un groupe contrôle s'impose dans toutes les recherches relatives au devenir des enfants nés prématurément.

3.1.3. Echantillon en provenance d'un centre unique *vs* cohorte régionale

Un autre problème méthodologique inhérent aux études sur les conséquences d'une naissance avant terme est que, pour la grande majorité d'entre elles, celles-ci se basent sur des échantillons d'enfants nés ou admis dans un seul service hospitalier (Aylward & al., 1989). Les résultats de ces études doivent être interprétés avec prudence, en raison de différences entre les centres au niveau des modalités d'admission (Pharoah & al., 1994) et des pratiques médicales courantes au sein des unités de soins intensifs (McCormick & Richardson, 2002). Les résultats peuvent également être biaisés du fait des variations observées au niveau des taux de survie et de la fréquence des complications néonatales connues pour influer sur le développement (Phibbs, Bronstein, Buxton & Phibbs, 1996).

Les résultats obtenus à partir d'échantillons - souvent de petite taille - provenant d'un centre unique sont de fiabilité limitée ; ils ne permettent pas l'inférence de conclusions valables à propos de la population des enfants anciens prématurés. L'obtention de résultats valides concernant le devenir des enfants nés avant terme requiert la sélection de sujets nés dans un région géographique définie (Breslau, 1995 ; Larroque, 2004 ; Szatmari, Saigal, Rosenbaum, Campbell & King, 1990), échantillon qui comprendrait idéalement l'ensemble des survivants (Knoches & Doyle, 1993). Mais même dans ce cas, la généralisation des résultats obtenus aux autres régions reste difficile en raison des variations relevées au niveau de la mortalité et de la morbidité néonatale (Hack & al., 1994).

3.1.4. Les enfants perdus de vue

Le dernier problème que nous souhaitons aborder est celui des enfants perdus de vue, c'est-à-dire de l'abandon expérimental, ou *dropout*.

Nombre d'études prospectives souffrent d'un taux excessivement élevé d'abandon (Hack, Flannery, Schluchter, Cartar, Borawski & Klein, 2002 ; Halsey, Collin & Anderson, 1993), avec pour conséquence d'invalider les résultats obtenus. Selon Aylward, Hatcher, Stripp, Gustafson et Leavitt (1985), le taux d'abandon est de 10% à 15% par an dans la plupart des études développementales. Or, un taux de suivi de 70% à 80% est considéré comme nécessaire pour une interprétation valide des résultats, 90% étant considéré comme le taux minimal optimal (Vohr & Msall, 1997). Des taux de poursuite plus faibles entraînent des risques de biais, en raison de la non-équivalence entre les enfants perdus de vue et les autres. Les enfants perdus de vue appartiennent plus souvent à des familles issues de minorités ethniques (Aylward & al., 1985) ou de bas niveau socio-économique (Hack & Fanaroff, 1999 ; Hille & al., 1994 ; Mc Cormick, Workman-Daniels & Brooks-Gunn, 1996), et leurs mères ont généralement un niveau d'études moins élevé (Hack & al., 2002 ; Taylor, Klein, Minich & Hack, 2000) ; ils souffrent aussi plus fréquemment de troubles variés (Hille & al., 1994). En conséquence, les études caractérisées par un taux élevé d'abandon tendent souvent à sous-estimer la sévérité ou la fréquence des problèmes associés à une naissance prématurée (Huddy, Johnson & Hope, 2001 ; Larroque, 2004).

Par ailleurs et bien que le taux d'abandon soit indiqué dans la plupart des études dans ce domaine, il reste souvent difficile de déterminer la taille de l'échantillon final (Aylward & al., 1989).

Le phénomène d'abandon constitue une source majeure de biais inhérente à celles prospectives des études sur le devenir des enfants nés prématurés, en affectant la représentativité des échantillons finaux. Les études rétrospectives souffrent aussi de problèmes méthodologiques qui peuvent entraîner une sous-estimation de l'impact de la prématurité (Lagerström, Bremme, Eneroth & Janson, 1994 ; Sameroff, 1986).

D'autres problèmes méthodologiques apparaissent encore, qui sont relatifs à l'évaluation proprement dite des conséquences d'une naissance prématurée (Aylward & Pfeiffer, 1989 ; Escobar & al., 1991).

3.2. Problèmes méthodologiques au niveau de l'évaluation des performances

Ces problèmes sont relatifs aux divergences entre auteurs au niveau des définitions et des catégorisations des troubles observés, et à la variabilité des outils utilisés pour les appréhender. Ils tiennent également au caractère insuffisant de la durée des suivis effectués.

3.2.1. Divergences au niveau des définitions et des catégorisations des séquelles de la prématurité

Un premier point d'achoppement concernant l'évaluation du développement des enfants nés avant terme est, comme cela a déjà été mentionné, la variabilité observée au niveau des critères utilisés pour définir les séquelles associées à une naissance prématurée (Lorenz & al., 1998), et finalement le manque de consensus concernant le degré de gravité de ces troubles (Escobar & al., 1991). Ces désaccords sont d'autant plus préjudiciables que les séquelles de la prématurité sont au centre de débats éthiques.

Même grossier, un consensus doit donc être établi à propos des définitions – et des critères considérés pour les diagnostiquer - des conséquences possibles d'une naissance avant terme, et ce, afin que des comparaisons puissent être effectuées entre études.

3.2.2. Variabilité des instruments d'évaluation

Un second problème, qui concerne en particulier les études relatives au fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés, est relatif au choix des instruments d'évaluation.

L'évaluation globale des performances à l'aide de batteries d'intelligence se révèle largement insuffisante (Kanazawa, Shimizu, Kamada, Tanabe & Itoigawa, 1997 ; Vohr & Garcia Coll, 1985). En effet, la grande majorité des enfants nés avant terme obtient des scores de QI dans la moyenne, et ce, quelle que soit la sévérité de la prématurité (Ornstein & al., 1991). Pour autant, il semble bien que ces enfants présentent plus fréquemment que les témoins des troubles mineurs, source de difficultés d'apprentissage (Dalla Piazza, 1997). En

outre, si des scores très élevés ou à l'inverse très faibles obtenus avant l'entrée à l'école aux échelles globales d'intelligence autorisent une relativement bonne prédiction des performances à l'âge scolaire, les scores dans la moyenne ne permettent pas de préjuger de la réussite ultérieure (Evans, 1990 ; O'Callaghan, Burns, Gray, Harvey, Mohay, Rogers & Tudehope, 1996 ; Siegel, 1989). Enfin, les moyennes de groupe obtenues par le biais de ces instruments ne permettent pas d'avoir une idée juste de la nature des difficultés rencontrées individuellement par certains enfants anciens prématurés sur le plan cognitif (Whitfield, Eckstein Grunau & Holsti, 1997). L'utilisation de batteries d'intelligence doit donc être dépassée au profit de l'évaluation d'aspects plus spécifiques du développement (Kaplan & Mayes, 1997).

Néanmoins, un problème se pose alors, qui tient à la diversité des instruments employés dans ce cadre (Breslau, 1995). Celle-ci rend extrêmement difficile les comparaisons entre études.

3.2.3. Durée des suivis insuffisante

Seuls les plus sévères des troubles associés à une naissance avant terme sont « visibles » précocement, et généralement diagnostiqués au cours de la première année de vie (Astbury & al., 1987). A l'inverse, les séquelles « mineures » de la prématurité apparaissent plus tardivement, souvent pas avant l'entré à l'école (Hughes & al., 1999 ; Nishida, 1993). Elles se font plus prégnantes dans les années qui suivent, lorsque les demandes augmentent (Grunau, Whitfield & Davis, 2002). Ainsi, les résultats de plusieurs études suggèrent que certains des enfants anciens prématurés réussissent à palier à leurs déficits cognitifs au cours des premières années. En revanche, les mécanismes compensatoires mis en place ne suffiraient plus face aux exigences accrues liées à l'avancement dans la scolarité (Hunt, Cooper & Tooley, 1988 ; Kaplan & Mayes, 1997).

Au regard de ces éléments, la durée du suivi apparaît largement insuffisante dans la majorité des études relatives aux conséquences d'une naissance avant terme. Elle est souvent de cinq ans ou moins, parfois de deux ans seulement (voir notamment Aylward & al., 1989). De fait, plusieurs auteurs soulignent la nécessité de suivre le développement des enfants nés prématurément au moins jusqu'à l'âge scolaire (Grunau & al., 2002 ; Hughes & al., 1999 ; Larroque, 2004) et dans les années qui suivent (Kaplan & Mayes, 1997). Cela est d'autant plus important que les difficultés d'apprentissage susceptibles d'apparaître au cours de la scolarité peuvent être la cause d'autres problèmes psychiatriques, tels que les désordres de la conduite ou les troubles émotionnels (Szatmari & al., 1990). L'âge de 8 ans semble relativement approprié pour évaluer les enfants anciens prématurés et identifier ceux requérant des mesures de prise en charge éducative (Rickards, Ryan & Kitchen, 1988). Toutefois, un suivi à plus long terme est impératif pour pouvoir juger du caractère persistant ou non des problèmes observés chez un certain nombre de ces enfants (voir notamment Hunt & al., 1988). Il s'impose jusqu'à l'adolescence, voire jusqu'à l'âge adulte (McCormick & Richardson, 2002).

Par ailleurs, l'étude approfondie des trajectoires développementales requiert que ces suivis se basent sur des évaluations répétées (Kalmar, 1996 ; Vohr & Garcia Coll, 1985), effectuées année après année (Mellier, Fernandez-Berani & Fessard, 1999).

Enfin et de manière générale, toute recherche menée dans une perspective développementale visant à étudier l'influence de variables données doit nécessairement considérer plusieurs facteurs simultanément (Lee & Barratt, 1993). La prise en compte de ces variables dites « parasites », relatives à l'enfant ou à son environnement, constitue une source majeure de difficultés dans les études relatives au devenir des enfants nés prématurés (Szatmari & al., 1990).

3.3. Problèmes relatifs à la prise en compte des variables influant sur le développement des enfants anciens prématurés

Les naissances prématurées et/ou avec un faible poids constituent une catégorie diagnostique large, englobant des conditions pathogéniques variées et entraînant des risques de troubles du développement plus ou moins importants (Gorman & Pollitt, 1992). Les risques de séquelles sont en partie fonction des conditions physiques du nouveau-né, notamment de l'âge gestationnel et du poids de naissance. Ils dépendent également de la présence de pathologies respiratoires, métaboliques et sanguines, et de nombreuses autres variables pré- et périnatales. D'autres facteurs, dont il est impossible de dresser une liste exhaustive, vont venir influer sur le développement de ces enfants : les modalités de prise en charge de l'enfant, ses premières expériences et premières interactions avec ceux qui l'entourent, entre autres, puis de multiples variables relatives notamment à son environnement distal et proximal.

Si nous évoquerons leurs effets à plusieurs reprises dans les paragraphes suivants, nous aborderons les principales variables influant sur le développement des enfants anciens prématurés à la fin de ce chapitre. En effet, ces variables portent sur des données qui seront détaillées plus après. Comme nous le verrons, l'influence de ces divers facteurs varie avec l'âge de l'enfant et le domaine de la cognition considéré. En outre, ces variables interagissent de façon extrêmement complexe (Goldson, 1996).

Un certain nombre de limitations méthodologiques qui se rapportent aux échantillons d'étude, aux instruments d'évaluation, et tiennent également à l'existence de variables parasites viennent d'être évoquées. Elles rendent difficile l'élaboration de conclusions solides à partir des résultats des recherches réalisées dans le domaine (Fawer & al., 1995 ; Hack & Fanaroff, 1999 ; Lorenz & al., 1998 ; McCormick & al., 1996 ; Szatmari & al., 1990). Ainsi, nombre d'auteurs soulignent le manque de consensus relatif aux conséquences à long terme d'une naissance prématurée (Aylward & al., 1989 ; Lee & Barratt, 1993). En raison du caractère très hétérogène de la population des enfants anciens prématurés, ces discordances semblent toutefois inévitables (Vohr & Msall, 1997). De fait, toute généralisation quant aux risques associés à une naissance avant terme doit être considérée comme sujette à caution (Kalmar, 1996).

Il importe alors d'améliorer, tant que faire se peut, les démarches méthodologiques. Les études sur les conséquences d'une naissance avant terme au niveau cognitif doivent considérer les différentes catégories d'enfants établies selon l'âge gestationnel, comparer leurs performances à celles d'un groupe contrôle d'enfants nés à terme, et tenir compte des

variables dont il est généralement admis qu'elles influent sur le développement des enfants anciens prématurés. Les suivis doivent être réalisés au moins jusqu'à l'âge scolaire, idéalement jusqu'à l'adolescence voire jusqu'à l'âge adulte. Enfin, il importe de dépasser l'évaluation globale des performances pour s'intéresser à des domaines plus spécifiques de la cognition.

Suite à la présentation, que nous estimions essentielle, de ces quelques éléments d'ordre méthodologique et de leurs implications, nous nous consacrons à une revue des études relatives aux séquelles légères de la prématurité. Nous détaillons ainsi les principaux résultats auxquels ont abouti des auteurs qui se sont intéressés à des aspects du fonctionnement cognitif et/ou comportemental d'enfants anciens prématurés, en comparant leurs performances à celles d'enfants témoins nés à terme.

4. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau cognitif, à l'âge scolaire, chez les enfants indemnes de troubles neuro-sensoriels

Notre intérêt porte principalement sur les conséquences, chez les enfants d'âge scolaire indemnes de troubles neurologiques ou sensoriels, d'une naissance avant terme au niveau cognitif. Nous abordons également certaines des répercussions de la prématurité dans la sphère comportementale, en tant que celles-ci peuvent avoir une influence sur le fonctionnement cognitif des enfants. Si nous nous intéressons surtout aux enfants d'âge scolaire, nous évoquons également quelques aspects du développement d'anciens prématurés à l'âge préscolaire (*i.e.,* pour nous, avant l'entrée à l'école primaire) ou à l'adolescence.

Nous détaillons tout d'abord les conséquences d'une naissance prématurée au niveau du fonctionnement cognitif global appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles des batteries d'intelligence, puis ses répercussions dans les domaines non-verbal et verbal, ainsi que dans la sphère comportementale. Nous terminons cette revue en abordant le fonctionnement exécutif des enfants nés prématurés *vs* à terme.

Nous rappelons qu'à chaque fois que nous évoquons les « enfants anciens prématurés », ceux-ci sont toujours appréhendés en tant que groupe. Cela signifie que les conclusions des études rapportées n'expriment que des tendances, et ne laissent en rien présager de la qualité du développement pour un enfant considéré dans son individualité.

Sur la base des scores des enfants à des tests plus ou moins généraux, nous parlons également de « déficits », de « troubles » affectant tel ou tel domaine de la cognition ; le terme est peut-être mal choisi, les résultats évoqués sont essentiellement le reflet de manières différentes de fonctionner. Pour ce qui peut paraître trivial enfin, nous ajoutons que la qualité du développement d'un enfant ne se réduira jamais à ses performances cognitives.

4.1. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau du fonctionnement cognitif global

Selon Aylward et al. (1989), les instruments d'évaluation les plus utilisés dans les années quatre-vingt pour évaluer le fonctionnement cognitif global des enfants anciens prématurés étaient : les échelles de Bayley, celles de Wechsler[10], le test de Stanford-Binet et le test de Gesell[11]. Sur la base des résultats des enfants à ces instruments, il apparaît que ceux nés prématurément obtiennent des scores situés dans la moyenne, mais qui sont inférieurs à ceux des enfants témoins.

4.1.1. Principaux résultats

Quelques études font état de scores légèrement sous la moyenne chez les enfants nés grands ou très grands prématurés aux tests d'intelligence les plus utilisés (Abel Smith & Knight-Jones, 1990 ; Hack & al., 1994 ; Saigal & al., 1992 ; Teplin & al., 1991 ; Weisglas-Kuperus, Baerts, Smrkovsky & Sauer, 1993). Néanmoins, les performances des enfants nés avant terme – indemnes de troubles neurologiques - s'inscrivent généralement dans la normale (McDonald, Sigman & Ungerer, 1989 ; Zuazo & al., 1999), et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité (Aylward & al., 1989 ; voir aussi Bloch Petersen, Greisen, Kovacs, Munck & Friis-Hansen, 1990). Elles sont cependant plus faibles que celles des témoins nés à terme (Cooke & Foulder-Hughes, 2003 ; Jongmans & al., 1997 ; Kalmar, 1996 ; Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Sansavini & al., 1996 ; Taylor & al., 2000). Cet écart entre anciens prématurés et témoins a été retrouvé pour les différentes catégories d'enfants nés prématurément (Aylward & al., 1989), y compris pour ceux nés avec un faible poids (Bloch Petersen & al, 1990 ; Lagerström & al., 1994). Ainsi, les déficits cognitifs ne se retrouvent pas seulement chez les enfants nés aux termes les plus extrêmes. La différence entre les scores moyens obtenus par les enfants nés prématurément et ceux des témoins nés à terme aux tests d'intelligence est de l'ordre de 0,5 (Aylward & al., 1989) à 1 écart-type (Blackman, Lindgren, Hein & Harper, 1987 ; Hunt & al., 1988 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999), soit de 7 à 15 points de QI (Wolke, 1998), dépendant de la sévérité de la prématurité. Selon la méta-analyse récente de Bhutta, Cleves, Casey, Cradock et Anand[12] (2002), cette différence serait de 10,9 points de QI. En outre, cet écart concerne différents niveaux de classe sociale[13] (Lloyd, Wheldall & Perks, 1988).

---

[10] Les échelles de Wechsler sont fréquemment employées dans les études portant sur le fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés à l'âge scolaire. Ces dernières années cependant, quelques auteurs ont choisi la batterie K-ABC (Allin, Matsumoto, Santhouse, Nosarti, Alasasy, Stewart, Rifkin & Murray, 2001 ; Taylor & al., 2000 ; Wolke & al., 2004) ; celle-ci nous semble particulièrement intéressante.

[11] La plupart de ces tests s'adresse à des enfants d'âge préscolaire. Cela montre bien que, dans la majorité des études relatives au devenir des enfans nés prématurément, la durée du suivi est insuffisante.

[12] Cette méta-analyse a porté sur 15 études qui se sont intéressées au fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés, et 16 études relatives aux problèmes de comportement associés à une naissance avant terme. Toutes ces études, cas-témoins, ont été sélectionnées sur la base de leurs caractéristiques méthodologiques.

[13] Cette différence entre anciens prématurés et témoins a en effet été observée pour chacun des trois niveaux de classe sociale considérés dans l'étude de Lloyd et al. (1988). Par ailleurs, la différence au niveau des scores de QI (environ 6,5 points) observée entre des enfants nés avec un poids très faible et des témoins nés à terme issus

Cette différence entre les enfants anciens prématurés et ceux nés à terme a été observée à divers moments du développement (Doyle & Casalaz, 2001) : avant l'entrée à l'école primaire (Bloch Petersen & al., 1990 ; Sansavini & al., 1996 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995 ; Zuazo & al., 1999), à l'âge scolaire (Hack, Breslau, Aram, Weissman, Klein & Borawski-Clark, 1992 ; Marlow, Roberts & Cooke, 1993 ; Michelsson, Lindahl, Parre & Helenius, 1984 ; Saigal & al., 1991 ; Teplin & al., 1991 ; Whitfield & al., 1997), à l'adolescence (Saigal & al., 2000) et au début de l'âge adulte (Ericson & Källén, 1998 ; Hack & al., 2002 ; Lagerström & al., 1994). Cet écart, qui n'est pas toujours observé au cours des premières années de vie (voir notamment Halsey & al., 1993 ; Klein & al., 1985), apparaîtrait généralement vers l'âge de 6 ans (Kalmar, 1996).

Les anciens prématurés sont également plus nombreux que les témoins à présenter des scores faibles de QI (Hunt & al., 1988 ; Lloyd & al., 1988 ; Taylor & al., 2000), situés à un écart-type (Breslau, 1995 ; Horwood, Mogridge & Darlow, 1998), ou à deux écart-types sous la moyenne[14] (Doyle & Casalaz, 2001 ; Hack & al., 1994 ; Hack & al., 2002 ; Kanazawa & al., 1997 ; Saigal & al., 1992 ; Saigal & al., 2000 ; Wallace, Rose, McCarton, Kurtzberg & Vaughan, 1995 ; Wolke, 1998 ; Wolke & al., 2004). De tels scores sont le signe d'un trouble cognitif modéré à sévère. Les enfants nés avant terme sont enfin moins nombreux à présenter des scores élevés, situés à plus d'un écart-type de la moyenne (Abel Smith & Knight-Jones, 1990 ; Saigal & al., 1991).

Il apparaît ainsi, de manière relativement consensuelle, que les enfants anciens prématurés réalisent de plus faibles performances que les témoins lors des évaluations globales de l'intelligence. Pour autant, certains points font l'objet de désaccords entre auteurs.

4.1.2. Points de désaccords

Pour certains auteurs, le « déséquilibre » entre les enfants anciens prématurés et les témoins nés à terme concernerait essentiellement le domaine non-verbal (Alin Akerman, 1995 ; Klein & al., 1985 ; McDonald & al., 1989 ; Nickel, Bennett & Lamson, 1982 ; Sommerfelt & al., 1993), c'est-à-dire les habiletés perceptives et motrices (Blackman & al., 1987 ; Bloch Petersen & al, 1990 ; Halsey & al., 1993 ; Luoma, Herrgard & Martikainen, 1998). En revanche, d'autres montrent qu'une naissance avant terme a un effet au niveau des principales fonctions cognitives (Hack & al., 1992 ; Kitchen, Campbell, Carse, Charlton, Doyle, Drew, Ford, Gore, Kelly McDougall, Rickards, Watkins & Yu, 1991 ; Saigal & al., 1991 ; Sizun & al., 1998). Les résultats rapportés dans la suite de ce travail appuient cette dernière proposition.

---

de familles de même niveau socio-économique est du même ordre que celle relevée entre des enfants de même poids de naissance issus de classes sociales différentes.

[14] Ainsi et comparés aux témoins nés à terme, environ deux fois plus d'enfants nés avec un faible poids ont des scores de QI à un écart-type sous la moyenne, et ce, après contrôle des indicateurs de classe sociale (Breslau, 1995 ; Hack & al., 1992). Par ailleurs, 8% à 25% des enfants nés avec un poids très faible ont des scores situés à deux écart-types sous la moyenne, contre 2% dans la population normale (Wolke, 1998 ; voir aussi Doyle & Casalaz, 2001 ; Hack & al., 1994 ; Saigal & al., 2000).

Un autre point de désaccord concerne l'effet différentiel de la sévérité de la prématurité sur les scores aux tests habituellement employés. Certaines études n'ont pas mis en évidence de différence au niveau des scores d'intelligence entre les catégories classiquement considérées d'enfants nés avant terme (Aylward & al., 1989), ou encore de relation entre l'âge gestationnel (Lagerström & al., 1994) ou le poids de naissance (Kitchen & al., 1987) et les scores de QI. Ainsi et pour ce qui concerne les premières recherches évoquées, Mellier et al. (1999) ne montrent pas de différence entre les enfants nés au plus à 30 SA et ceux nés après 30 SA et avant 33 SA au niveau des scores obtenus au PM47 de Raven. C'est aussi le cas de Saigal et al. (1991) et de Kitchen et al. (1991), qui ne font pas état de plus faibles scores au WISC-R chez des enfants nés avec un poids de 800 grammes ou moins que chez ceux nés avec un poids compris entre 801 et 1000 grammes, à l'âge de 8 ans. A l'inverse, d'autres études font apparaître des différences quant au niveau de performances entre les catégories d'enfants nés avant terme (Breslau, 1995 ; Halsey & al., 1993 ; Horwood & al., 1998 ; Sansavini & al., 1996). Ainsi, Hack et al. (1994) ont mis en évidence des déficits cognitifs plus importants chez des enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes comparés à des enfants nés avec un poids compris entre 750 et 1499 grammes, à l'âge de 7 ans. Des adolescents nés avec un poids inférieur à 750 grammes ont aussi des performances plus faibles comparés à ceux nés avec un poids compris entre 750 et 1000 grammes (Saigal & al., 2000). Halsey et al. (1993) soulignent à ce propos que les enfants nés avec un poids extrêmement faible, en tant que groupe, diffèrent des autres catégories d'enfants nés prématurés. De la même manière, certains auteurs font état d'une relation linéaire entre le poids de naissance et/ou l'âge gestationnel et le QI, ce dernier étant d'autant moins élevé que le poids de naissance ou l'âge gestationnel est faible (Bhutta & al., 2002 ; Lagercrantz, 1997).

Les plus faibles scores obtenus par les anciens prématurés aux échelles des batteries d'intelligence peuvent s'expliquer par la présence, chez certains de ces enfants, de troubles affectant différents domaines de la cognition. Ceux-ci concernent plusieurs habiletés non-verbales et verbales, ainsi que les capacités attentionnelles et mnésiques, entre autres.

4.2. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine non-verbal

La prématurité peut avoir des conséquences néfastes dans le domaine non-verbal. Celles-ci concernent plus précisément la motricité – fine et grossière - et le contrôle moteur, le traitement visuo-spatial, et l'intégration visuo-motrice.

4.2.1. Conséquences au niveau moteur

Une naissance avant terme peut être à l'origine de troubles moteurs. Des déficits au niveau de la motricité fine (Hack & al., 1992 ; Yliherva, Olsen, Maki-Torkko, Koiranen & Jarvelin, 2001) et grossière (Jongmans & al., 1997 ; Michelsson & al., 1984 ; Saigal & al., 1991) ont été observés chez des enfants anciens prématurés. Ces déficits sont source de gênes dans les jeux de construction, dans les activités de dessin, de coloriage ou de découpage. Ils ont également pour conséquences des problèmes d'équilibre, une moindre aisance dans les

jeux de balle et un apprentissage plus long d'activités motrices telles que la bicyclette. Par ailleurs, d'autres problèmes affectant le contrôle moteur et la coordination motrice ont été relevés chez des enfants nés avant terme (Allin & al., 2001 ; Bloch Petersen & al., 1990). Ceux-ci sont à l'origine de maladresses lors de l'habillage, de l'alimentation, et dans d'autres activités de la vie quotidienne.

Ces difficultés ont pu être objectivées sur la base des performances des enfants à des épreuves quantitatives telles que l'échelle Motrice de la McCarthy, le test moteur Bruininks-Oseretsky, le TOMI (*Stott-Moyes-Henderson Test Of Motor Impairment*, Stott, Moyes & Henderson, 1984, cités par Hutton, Pharoah, Cooke & Stevenson, 1997), ou encore le *Movement ABC* (*Movement Assessment Battery for Children*, Henderson & Sugden, 1992). Elles ont par ailleurs été mises en évidence par le biais d'évaluations qualitatives du développement moteur (Bloch Petersen & al., 1990), ou encore ont été rapportées par les parents ou les enseignants (Yliherva & al., 2001).

Ces troubles observés au niveau moteur concernent surtout les enfants nés grands prématurés (Cooke & Foulder-Hughes, 2003) ou très grands prématurés (Allin & al., 2001), et ceux nés avec un poids très faible (Forrest, 1993 ; Hack & al., 1992 ; Sommerfelt & al., 1993) ou extrêmement faible (Halsey & al., 1993 ; Whitfield & al., 1997). Hutton et al. (1997) ont montré que 40% d'une cohorte régionale de 158 enfants nés grands prématurés ont des scores égaux ou supérieurs à 4 au TOMI, à l'âge de 8 ans. Ceux-ci sont le signe de troubles moteurs modérés ou plus sévères. Des taux équivalents ont été observés dans une cohorte régionale d'enfants nés avec un poids extrêmement faible évalués à 8 ans : 34% ont des scores inférieurs à la normale au test Bruininks-Oseretsky, et 20% ont des scores inférieurs à deux écart-types sous la moyenne (Saigal & al., 1991). Enfin, 30% d'une cohorte de 280 enfants anciens grands prématurés – contre moins de 7% du groupe contrôle de 210 enfants nés à terme - ont, à l'âge de 7 ans, des scores égaux ou inférieurs au cinquième centile au *Movement ABC* ; ils sont considérés comme présentant un trouble développemental de la coordination (Cooke & Foulder-Hughes, 2003).

Il existe davantage de désaccords concernant le développement moteur des enfants nés prématurés légers ou avec un faible poids. Certains auteurs ont fait état de difficultés au niveau de l'intégration et de la coordination motrice chez des enfants nés avec un faible poids (Bloch Petersen & al., 1990). A l'inverse, d'autres ont montré que ceux-ci ont un fonctionnement normal sur le plan moteur (Crowe, Deitz, Bennett & Tekolste, 1988). En tout état de cause, plusieurs auteurs ont montré que les difficultés motrices sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère (Hack & al., 1994 ; Jongmans & al., 1997 ; voir aussi Hutton & al., 1997 ; Sansavini & al., 1996).

Plusieurs variables, surtout d'ordre bio-médical, influent sur le développement moteur des enfants anciens prématurés.

Le caractère hypotrophe à la naissance augmente le risque pour un enfant de présenter des troubles de la motricité (Hutton & al., 1997), en particulier au niveau de la motricité grossière (Kok & al., 1998). Selon Sansavini et al. (1996), le faible poids à la naissance et le fait pour un enfant d'avoir présenté un retard de croissance intra-utérin constituent d'ailleurs les facteurs les plus fortement associés au développement moteur au cours des deux premières années de vie. Il semble aussi que les troubles moteurs évoqués se retrouvent plus

fréquemment chez les enfants de sexe masculin (Bloch Petersen & al., 1990 ; Yliherva & al., 2001). Toutefois, Cooke et Foulder-Hughes (2003) ne font pas état de différence entre les sexes au niveau de la fréquence d'enfants présentant un trouble développemental de la coordination à l'âge de 7 ans, et ce, chez les enfants anciens grands prématurés comme chez les témoins nés à terme.

Si l'influence de variables bio-médicales relatives à l'enfant sur le développement moteur semble démontrée, le rôle des facteurs socio-environnementaux à ce niveau est moins clair. Marlow et al. (1989) ont montré que les scores d'enfants nés avec un poids inférieur à 1251 grammes aux épreuves motrices sont corrélés non seulement avec plusieurs variables périnatales, mais aussi avec celles environnementales, à l'âge de 6 ans. En revanche, d'autres auteurs n'ont pas mis en évidence d'influence des variables sociales sur les scores au TOMI (Hutton & al., 1997).

Cherchant à expliquer les difficultés motrices observées chez un certain nombre d'enfants nés prématurément, Mellier et al. (1999) mentionnent l'existence chez ces enfants de perturbations au niveau des praxies. Celles-ci correspondent aux inscriptions cérébrales des gestes (Mazeau, 1997), et en permettent la réalisation fluide et efficace. De fait, une naissance avant terme peut être à l'origine de maladresse motrice (Marlow & al., 1989 ; Valvano & DeGangi, 1986), ou de dyspraxies[15] (Picard, 2000). Hunt et al. (1988) ont ainsi montré que 12% d'une cohorte d'enfants nés avec un très faible poids présentent un écart d'au moins 15 points entre les deux échelles du WISC-R en défaveur de l'échelle de Performance, à 8 ans puis à 11 ans. Une telle dissociation constitue l'un des pivots du diagnostic de dyspraxie chez l'enfant (Guillot, 2000).

Les dyspraxies peuvent être définies comme « un trouble de la réalisation du geste, secondaire à l'impossibilité (ou à l'anomalie) de programmer automatiquement et d'intégrer au niveau cérébral les divers constituants sensori-moteurs et spatio-temporels du geste volontaire » (Mazeau, 1995, p.67). Si ce terme renvoie à un ensemble de difficultés non dues à un état médical général (IMC, hémiplégie, dystrophie musculaire) (Corraze, 1999), les dyspraxies sont extrêmement fréquentes chez les enfants atteints de lésions cérébrales précoces (Mazeau, 1997). Elles sont relativement courantes chez les enfants anciens prématurés porteurs de leucomalacie périventriculaire (Mazeau, 1999).

Les dyspraxies perturbent grandement la réalisation de certains gestes de la vie quotidienne. Elles ont également des conséquences néfastes au niveau scolaire. Elles sont en particulier susceptibles d'induire, du fait d'une mauvaise préhension du crayon, des troubles au niveau du graphisme qualifiés de dysgraphies (Mazeau, 1997). Les dyspraxies pourraient donc rendre compte des difficultés au niveau de l'écriture assez fréquemment mentionnées dans la littérature relative au devenir des enfants nés prématurés (voir notamment Whitfield & al., 1997). De la même manière, elles pourraient expliquer en partie la moindre aisance des enfants nés avant terme en éducation physique (Huddy & al., 2001).

[15] Du fait du caractère varié de ces troubles, on utilise préférentiellement le pluriel. Les dyspraxies ont été incluses en 1994 dans la classification du DSM 4, parmi les désordres de coordination motrice développementale (Picard, 2000).

Selon la CIM-10, « il est habituel que la maladresse motrice soit associée à un certain degré d'atteinte des fonctions visuo-spatiales cognitives[16] » (Corraze, 1999, p.95). Certains auteurs, parfois sur la base de seules corrélations, considèrent d'ailleurs les troubles visuo-spatiaux comme responsables des troubles des mouvements intentionnels.

4.2.2. Conséquences au niveau du traitement visuo-spatial

Une naissance avant terme peut également entraîner des difficultés spécifiques au niveau du traitement visuo-spatial, à l'âge préscolaire (Klein & al., 1985 ; Luoma & al., 1998) et scolaire (Klein, Hack & Breslau, 1989). Ces déficits ont été mis en évidence par le biais d'épreuves basées sur des informations visuelles et spatiales, n'impliquant pas d'activité motrice.

Les enfants anciens prématurés ont une moins bonne appréciation des relations entre les objets dans l'espace ; ils ont aussi des difficultés à interpréter les diagonales et les obliques, à l'origine de problèmes d'orientation spatiale. Ils peuvent par ailleurs avoir plus de mal à évaluer la vitesse relative d'une balle dans l'espace, à percevoir sa trajectoire et sa localisation (Lussier & Flessas, 2001). De fait, les enfants anciens prématurés se montrent souvent peu efficients dans les épreuves mettant en jeu des relations spatiales (Klein & al., 1985 ; Luoma & al., 1998 ; Mellier & al., 1999). Ils éprouvent aussi certaines gênes lors de la localisation de cibles dans les tâches de recherche visuelle ; celles-ci pourraient être le signe de problèmes d'attention visuo-spatiale (Foreman, Fielder, Minshell & Sergienko, 1997).

Ce déficit de structuration spatiale peut, comme les problèmes moteurs déjà évoqués auxquels il est d'ailleurs souvent associé (Guillot, 2000), induire nombre de difficultés à l'école. Les problèmes d'organisation dans l'espace peuvent gêner la lecture, en rendant plus ardu le décodage des lettres, ainsi que l'écriture. Ils ont aussi des conséquences néfastes lors des activités de dénombrement (Arp & Fagard, 2001 ; Whitfield & al., 1997), de calcul et de géométrie, entre autres. Ces troubles pourraient alors rendre compte des plus faibles performances des enfants nés avant terme en mathématiques (Huddy & al., 2001 ; Issacs & al., 2000 ; Marlow & al., 1993 ; Saigal & al., 2000). Ils sont encore susceptibles d'expliquer les plus grandes difficultés des enfants anciens prématurés pour tenir leurs cahiers proprement.

Ces difficultés relevées dans le domaine visuo-spatial peuvent s'expliquer, en partie au moins, par des troubles oculomoteurs (Mellier & al., 1999 : Whitaker, Van Rossem, Feldman, Schonfeld, Pinto-Martin, Torre, Shaffer & Paneth, 1997). Ceux-ci, relativement fréquents chez l'ancien prématuré[17] (Mazeau, 1997), se traduisent par une difficulté à gérer les mouvements des globes oculaires et notamment les saccades. Ils occasionnent des gênes lorsqu'il s'agit de fixer ou de poursuivre une cible visuelle, ainsi que lors des activités

---

[16] En d'autres termes, l'association de troubles visuo-spatiaux et d'une dyspraxie est fréquente ; on parle alors de dyspraxie – constructive - visuo-spatiale (Mazeau, 2003).

[17] Pour Foreman (1991) cependant, les conséquences d'une naissance prématurée sans complication médicale au plan oculomoteur sont minimes. Les anciens prématurés « normaux » n'auraient pas non plus de problème au niveau de la perception visuelle en tant que telle (Foreman & al., 1997).

d'exploration et de balayage visuels[18]. Ces troubles oculomoteurs ont alors pour conséquence de rendre plus difficiles la sélection et la saisie de l'information visuelle, dont dépend la construction des notions et des représentations spatiales.

Par ailleurs, les troubles visuo-spatiaux plus fréquemment observés chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire comparés aux témoins (Hack & al., 1992 ; Jongmans, Mercuri, Henderson, de Vries, Sonksen & Dubowitz, 1996 ; Lowe & Papile, 1990) peuvent avoir pour origine un dysfonctionnement cérébral affectant le traitement de l'information visuelle, en l'occurrence des lésions post-chiasmatiques (Keith & Kitchen, 1983 ; McGinnity & Bryars, 1992, cités par Jongmans & al., 1996). La vulnérabilité du système visuel au sein de cette population pourrait encore s'expliquer par des anomalies affectant la différentiation dendritique du cortex visuel, dont la phase maximale a lieu au cours du troisième trimestre de la grossesse (Purpura, 1975, cité par Bloch Petersen & al., 1990). Enfin, le caractère inhabituel des premières expériences visuelles des enfants nés prématurément pourrait également rendre compte d'une partie des troubles qui viennent d'être évoqués (Foreman & al., 1997).

Pour terminer cette partie, il faut ajouter que, comparés aux témoins, les enfants nés avant terme réalisent aussi de plus faibles performances dans les épreuves qui impliquent l'intégration de stimuli pour former un ensemble, un « tout » (Francis-Williams & Davies, 1974). En d'autres termes, ils ont davantage de difficultés à traiter différentes informations de façon simultanée (Saigal & al., 1991 ; Wolke, 1998 ; Wolke & Meyer, 1994).

4.2.3. Conséquences au niveau de l'intégration visuo-motrice

Enfin et comme le laissaient supposer les faits mentionnés plus avant, des difficultés sont apparues chez les enfants anciens prématurés lors de tests évaluant les capacités visuo-motrices (Cooke & Foulder-Hughes, 2003 ; Foreman & al., 1997 ; Hack & al., 1992 ; Jongmans & al., 1996 ; Luoma & al., 1998 ; Saigal & al., 1990 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995, 1999 ; Taylor & al., 2000).

Il faut cependant noter que certains auteurs n'ont pas mis en évidence de difficulté à ce niveau chez les enfants anciens prématurés. C'est le cas de McDonald et al. (1989), qui n'observent pas de différence significative entre les performances dans ce domaine de 20 enfants nés entre 27 et 35 SA et celles de 20 témoins nés à terme, appariés sur le sexe, l'appartenance ethnique, le niveau d'études de la mère et le rang de naissance. En accord avec les résultats obtenus par Nickel et al. (1982) et par Portnoy, Callias, Wolke et Gamsu (1988), une cohorte de 28 enfants nés avec un poids extrêmement faible ne se différencie pas du groupe témoin de 26 enfants nés à terme au niveau des capacités visuo-motrices telles qu'évaluées par le test Bruininks-Oseretsky à l'âge de 6 ans (Teplin & al., 1991).

---

[18] Ces difficultés fonctionnelles secondaires sont particulièrement prégnantes dans l'espace bidimentionnel. Cela tient à l'importance, pour l'interprétation des relations topologiques dans le plan, des indices fournis par les déplacements des globes oculaires.

Dans l'étude de Jongmans et al. (1997), 17% des 156 enfants nés avant 35 semaines d'âge gestationnel et évalués à 6 ans obtiennent des scores anormaux au test de Beery de l'intégration visuo-motrice. Chez 108 enfants nés avec un très faible poids évalués à l'âge de 8 ans, dont la moitié a été revue à 11 ans, plus de 20% présentent un déficit dans le même domaine, aux deux âges (Hunt & al., 1988). Ces difficultés sont encore plus fréquentes chez les enfants nés avec un poids extrêmement faible. Ainsi, moins de la moitié d'une cohorte régionale de 129 enfants a des scores dans la norme au test de Beery à l'âge de 8 ans. Le score moyen de la cohorte à cette épreuve se situe à un écart-type sous la moyenne du test (Saigal & al., 1991).

Toujours dans ce domaine, Mellier et al. (1999) font mention de performances plus faibles chez 51 enfants nés grands prématurés comparés à des témoins lors de la reproduction de la figure complexe de Rey. C'est aussi le cas à une épreuve d'écriture du prénom sans contrôle visuel ; dans cette condition, la déformation est beaucoup plus importante chez les enfants nés prématurément. Les auteurs soulignent que cette différence de performances s'accompagne d'une différence au niveau des stratégies et des modalités du contrôle moteur. On peut ainsi observer chez les enfants anciens prématurés un plus grand nombre de prises d'informations (*i.e.*, une consultation visuelle du modèle plus importante), un mode de résolution « au trait par trait », ainsi qu'une réduction du tracé (Mellier & al., 1999). Les stratégies de résolution de problèmes mises en place par les enfants nés avant terme leur permettraient de pallier en partie aux difficultés qu'ils rencontrent sur le plan visuo-moteur.

Comme cela est le cas pour l'ensemble des troubles observés dans le domaine non-verbal chez les enfants anciens prématurés, ces difficultés apparaissent dès l'âge préscolaire (Halsey & al., 1993 ; Klein & al., 1985 ; Luoma & al., 1998 ; Marlow & al., 1993 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995), parfois très précocement, dès 3 ans (Ross, Lipper & Auld, 1996). Elle se retrouvent durant la période scolaire (Mellier & al., 1999 ; Michelsson & al., 1984 ; Whitfield & al., 1997) et au début de l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Hunt & al., 1988 ; Taylor, Minich, Klein & Hack, 2004).

Ces déficits ont été relevés chez des enfants nés grands ou très grands prématurés (Stjernqvist & Svenningsen, 1999), et chez ceux nés avec un poids très faible (Hack & al., 1992) ou extrêmement faible (Saigal & al., 1991 ; Whitfield & al., 1997). Ils ont aussi été observés chez des enfants nés avec un faible poids (Bloch Petersen & al., 1990).

Il semble que ces troubles sont d'autant plus importants que l'âge gestationnel ou le poids de naissance est faible (Bloch Petersen & al., 1990 ; Jongmans & al., 1997). Pour autant, Mellier et al. (1999) n'ont observé aucune différence significative entre les enfants anciens grands prématurés nés au plus à 30 SA et ceux nés à plus de 30 SA au niveau des performances réalisées à trois épreuves à forte composante spatiale : la figure de Rey, le dessin du Bonhomme, et l'écriture du prénom, avec et sans contrôle visuel. De la même manière, les scores au test de l'intégration visuo-motrice d'une cohorte nationale d'enfants nés avant 29 SA ne dépendent ni du poids à la naissance, ni de l'âge gestationnel, ni d'ailleurs d'autres variables périnatales (Stjernqvist & Svenningsen, 1999).

Le « statut neurologique » - ou l'existence d'une pathologie attribuée à un dysfonctionnement cérébral (Dammann & al., 1996) - aurait une influence sur les capacités d'intégration visuo-motrice. Vohr et Garcia Coll (1985) ont montré que le statut neurologique déterminé à l'âge de un an d'enfants nés avec un poids très faible a une incidence sur la fréquence des difficultés observées à ce niveau, à l'âge de 7 ans. A cet âge, 45% des enfants considérés comme normaux à un an, 75% de ceux qualifiés de « suspects », et 100% de ceux dont le comportement neurologique avait été jugé anormal présentent de faibles capacités d'intégration visuo-motrice. Il apparaît également que la présence de lésions cérébrales[19] est corrélée significativement avec l'apparition de difficultés au niveau perceptif et moteur. La leucomalacie périventriculaire est en particulier considérée comme à l'origine de troubles dans ce domaine (Hughes & al., 1999).

Contrairement à ce qu'ont observé Francis-Williams et Davies (1974 ; voir aussi Hutton & al., 1997), Jongmans et al. (1997) n'ont pas mis en évidence de différence au niveau des scores à deux épreuves évaluant les habiletés perceptivo-motrices et l'intégration visuo-motrice chez des enfants nés avant 35 SA selon qu'ils étaient ou non hypotrophes à la naissance. Les problèmes observés au niveau perceptivo-moteur chez ces enfants anciens prématurés ne sont pas non plus reliés à l'acuité visuelle ; en revanche, les performances au *Movement ABC* et au test VMI de l'intégration visuo-motrice sont associées de façon significative avec la stéréopsie[20] (Jongmans & al., 1996).

Par ailleurs, il semble que les difficultés relevées dans le domaine visuo-moteur chez des enfants anciens prématurés sont indépendantes des facteurs sociaux. En effet, elles sont encore observées après contrôle de variables socio-environnementales (Stjernqvist & Svenningsen, 1995) telles que le statut socio-démographique (Grunau & al., 2002 ; Hack & al., 1992) ou la classe sociale (Dammann & al., 1996). Néanmoins, Klein et al. (1985) ont fait état de corrélations significatives entre les scores obtenus à 5 ans par des enfants nés avec un poids très faible appariés à des témoins au test de Beery et le niveau d'études de la mère d'une part, la classe sociale d'autre part.

Finalement, les troubles qui viennent d'être évoqués et qui concernent le domaine non-verbal sont corrélés essentiellement aux variables bio-médicales relatives à l'enfant. Ils sont associés moins fortement avec les facteurs socio-environnementaux. Les conclusions de l'étude de Girouard et al. (1998) vont dans ce sens. Chez un groupe d'enfants nés très grands prématurés, l'état de santé au cours de la période néonatale est corrélé de façon significative et positive avec les performances dans le domaine non-verbal à l'âge de 5 ans. En revanche, ces dernières n'entretiennent pas de relation avec l'environnement familial. Compte tenu des complications associées à une naissance avant terme, ces données pourraient rendre compte du fait que les enfants anciens prématurés ont davantage de risque de présenter des problèmes sur le plan moteur et dans le domaine visuo-spatial.

---

[19] Toutefois, chez des enfants nés eutrophiques avec un très faible poids qui avaient été considérés comme présentant un développement normal à 1 et 2 ans, le fait de présenter ou non une hémorragie sous-épendymaire isolée n'influe pas sur les capacités d'intégration visuo-motrice telles que mesurées par le test de Beery à l'âge de 5 ou 6 ans (Lowe & Papile, 1990).

[20] La stéréopsie, ou vision stéréoscopique, peut être définie comme la perception binoculaire de la profondeur et de la distance d'un objet résultant du chevauchement des champs de vision des deux yeux.

Grunau et al. (2002) ont montré que des enfants nés avec un poids inférieur à 801 grammes, indemnes de séquelle neurologique et d'intelligence normale, ont deux fois plus de difficultés dans le domaine non-verbal que dans celui verbal : 13% de ce groupe d'enfants ont des problèmes d'apprentissage dans le domaine non-verbal, et 7% dans le domaine verbal. Cela tend à confirmer la relative vulnérabilité de cette population dans les épreuves impliquant des informations visuelles et spatiales (Breslau, 1995). Pour autant, certaines difficultés ont également été observées chez des enfants anciens prématurés sur le plan langagier (Hoy, Bill & Sykes, 1988 ; Klein & al., 1989 ; Rickards, Kitchen, Doyle & al., 1993 ; Roth, Baudin, McCormick, Edwards, Townsend, Stewart & Reynolds, 1993).

4.3. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine verbal

Une naissance avant terme peut avoir des effets néfastes sur le plan verbal, à l'âge préscolaire (Briscoe & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 1998, 1999, 2001) et scolaire (Hack & al., 1992 ; Halsey & al., 1993 ; Klebanov & al., 1994 ; Marlow & al., 1993 ; Michelsson & al., 1984).

4.3.1. A l'âge préscolaire

A l'âge préscolaire, les enfants nés avant terme sont plus nombreux à présenter un « retard de langage » (Largo, Molinari, Cominale Pinto, Weber & Duc, 1986 ; Portnoy & al., 1988). Bien qu'on ne puisse pas employer cette expression à cet âge, les différences entre les enfants anciens prématurés et les témoins sont particulièrement prégnantes au cours des deux premières années de vie (Sansavini & al., 1996). A l'âge de 4, 8 et 12 mois, des enfants nés avec un faible poids vocalisent moins comparés à des témoins nés à terme (Crnic, Ragozin, Greenberg, Robinson & Basham, 1983). Ils produisent également un nombre plus faible de mots à deux ans. Toutefois, leurs scores restent dans la normale des tests (Sansavini & al., 1996). Evalués avant l'entrée à l'école et toujours en comparaison avec des témoins, les enfants anciens grands prématurés ont un vocabulaire moins étendu ; leurs performances vont aussi dans le sens d'une moins bonne compréhension des règles grammaticales (Briscoe & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 1999). Lors de conversations « spontanées », les enfants nés avant 32 semaines présentent enfin davantage de troubles de la prosodie, et montrent des expressions faciales plus pauvres que les témoins (Jennische & Sedin, 1998, 2001).

Certaines difficultés ont ainsi été relevées dans le domaine verbal chez les enfants nés prématurément avant l'entrée à l'école primaire. Elles sont encore observées à l'âge scolaire, alors que l'utilisation d'épreuves générales ou plus spécifiques permet d'appréhender différentes habiletés langagières.

4.3.2. A l'âge scolaire

Dans une cohorte de 108 enfants nés avec un poids très faible évalués à 8 ans, 12% présentent une différence supérieure à 15 points entre les scores aux échelles Verbale et Performance du WISC-R, en défaveur de l'échelle Verbale. Cette dissociation serait le signe d'un « déficit langagier ». Elle est encore relevée chez 14% des 57 enfants revus à l'âge de 11 ans (Hunt & al., 1988). Des taux équivalents sont mentionnés dans d'autres études. Ainsi, 8% à 15% d'une cohorte régionale de 129 enfants nés avec un poids extrêmement faible ont, à l'âge de 8 ans, des notes inférieures à deux écart-types sous la moyenne à différents tests de langage (Saigal & al., 1991).

Sur la base des réponses fournies par les enseignants à des questionnaires qui leur avaient été envoyés, Huddy et al. (2001) font également état de difficultés assez fréquentes dans le domaine verbal dans une cohorte d'enfants nés entre 32 et 35 SA évalués à l'âge scolaire. Ces enfants, anciens prématurés légers, sont en effet 32% à avoir de faibles résultats en expression écrite, 19% en expression orale, et 21% en lecture (voir aussi Michelsson & al., 1984). Klebanov et al. (1994) ont pu obtenir un jugement des enseignants – par le biais d'une échelle comportant 18 items - relatif notamment aux capacités de langage en classe pour 1120 enfants âgés de 9 ans en moyenne. Parmi ces enfants, 137 sont nés avec un poids extrêmement faible, 223 avec un poids très faible, 434 avec un faible poids, et 326 avec un poids supérieur ou égal à 2500 grammes. Lorsque seuls les enfants scolarisés dans la classe attendue pour leur âge sont considérés, ceux nés avec un poids de moins de 2500 grammes ont des habiletés langagières inférieures à celles des témoins, et ce, même après que différentes variables relatives à l'enfant et à sa mère aient été contrôlées. Les enfants nés avec un poids extrêmement faible obtiennent encore de plus faibles scores comparés aux enfants nés avec un poids faible ou très faible. Enfin, 9322 enfants nés entre 1985 et 1986 dans deux provinces de Finlande, sur 9479 dont les parents avaient accepté de participer à une étude prospective, ont pu être suivis jusqu'à l'âge de 8 ans (Yliherva & al., 2001). Les parents et les enseignants de 8370 de ces enfants, parmi lesquels 270 sont nés avec un faible poids – dont 30 avec un poids inférieur à 1500 grammes -, ont répondu à un questionnaire qui portait notamment sur les habiletés linguistiques. Au regard de leurs réponses, il apparaît que les enfants nés avec un faible poids, et en particulier les garçons, rencontrent plus fréquemment que les témoins des difficultés concernant différents aspects du langage.

De façon plus générale, il apparaît que les anciens prématurés d'âge scolaire présentent plus fréquemment que les enfants nés à terme des troubles du langage écrit et oral, qui touchent l'expression et la compréhension (Saigal & al., 1991).

Pour ce qui concerne tout d'abord le langage écrit, les anciens prématurés réalisent de plus faibles performances dans les tests de lecture (Hughes & al., 1999 ; Kitchen & al., 1991 ; Marlow & al., 1993 ; Saigal & al., 1992). Ces difficultés sont déjà perceptibles en début d'apprentissage, à l'âge de 5 ou 6 ans (Lowe & Papile, 1990). Les enfants nés avec un poids très faible ou extrêmement faible lisent plus lentement que les témoins (Downie & al., 2002 ; Michelsson & al., 1984). Selon Downie et al. (2002), cela pourrait être le fait d'une vitesse plus faible de traitement de l'information, de capacités moindres de mémoire de travail, ou encore de difficultés au niveau de la recherche en mémoire sémantique. Un trouble du traitement auditif temporel serait en cause chez les enfants nés avec un poids extrêmement

faible qui présentent une lésion dans la région périventriculaire[21]. Les enfants nés avant terme ont aussi davantage de problèmes lors de la compréhension de textes (Ornstein & al., 1991). Ils éprouvent enfin plus de difficultés à orthographier correctement les mots (Marlow & al., 1993 ; Michelsson & al., 1984).

D'autres difficultés ont été observées, qui sont relatives au langage oral (Taylor & al., 2000 ; Wolke & al., 2004). Nombre d'auteurs ont fait état de troubles de l'articulation plus fréquents chez les enfants nés prématurément (Fawer & al., 1995 ; Largo, Molinari, Kundu, Lipp & Duc, 1990 ; Wolke & Meyer, 1999). Yliherva et al. (2001), en se basant sur les jugements émis par les parents et par les enseignants à propos des habiletés linguistiques d'enfants nés à terme ou avec un faible poids, ont toutefois abouti à des résultats contraires. Les enfants anciens prématurés auraient aussi davantage de problèmes au niveau de la perception de la parole, notamment pour discriminer différents sons (Jennische & Sedin, 1999 ; Yliherva & al., 2001 ; voir aussi Downie & al., 2002). Wolke et al. (2004) font également état d'une plus faible conscience phonologique chez des enfants nés avant 26 SA comparés à des témoins nés à terme, à l'âge de 6 ans. Ces difficultés auraient des conséquences néfastes sur l'apprentissage de mots (voir notamment Yliherva & al., 2001). De fait, les enfants nés prématurément montrent un vocabulaire plus pauvre (Calame, Arrazola, Ducret & Jaunin, 1985 ; Saigal & al., 1991). Cela pourrait alors expliquer leurs plus grandes difficultés à fournir de l'information et à trouver les mots appropriés - à l'âge de 6 ans et demi - (Jennische & Sedin, 1998, 2001), et leurs moins bonnes performances dans les épreuves de fluence verbale (voir aussi Jennische & Sedin, 1999), de dénomination et de définition (Mellier & al., 1999). Les plus faibles scores des anciens grands prématurés à ces trois dernières épreuves seraient le signe, selon Mellier et al. (1999), de difficultés à la fois au niveau du lexique et de l'accès à celui-ci.

Finalement et comme attendu au regard de ces observations, les enfants nés avant terme sont plus nombreux que les témoins à bénéficier d'une prise en charge orthophonique. A l'âge de 9 ans, c'est le cas pour 28% d'une cohorte d'enfants nés avec un poids très faible, contre 4% du groupe contrôle d'enfants nés à terme (Michelsson & al., 1984).

Néanmoins, la prévalence des difficultés relevées dans le domaine verbal chez un certain nombre d'enfants nés avant terme diffère selon les situations.

---

[21] Downie et al. (2002) ont voulu déterminer si les problèmes rencontrés en lecture par les enfants nés avec un poids extrêmement faible qui présentent une lésion cérébrale périventriculaire peuvent s'expliquer de la même manière que la dyslexie chez les enfants nés à terme, à savoir par des déficits au niveau du traitement auditif temporel (Tallal & Piercy, 1973, 1974, cités par Downie & al., 2002). En effet, plusieurs études ont montré qu'une atteinte cérébrale de la région périventriculaire peut avoir pour conséquences des déficits au niveau du traitement de l'information auditive (Hall & al., 1995 ; Keller & al., 1998). Les résultats de cette étude fondée sur la comparaison de modèles d'équations structurales suggèrent que, comme chez les enfants dyslexiques, un trouble du traitement auditif temporel est à l'origine des difficultés de lecture observées chez des enfants nés avec un poids extrêmement faible, et ce, au travers de ses conséquences au niveau de la perception de la parole et des capacités de traitement phonologique.

4.3.3. Effet différentiel du domaine du langage évalué

Jennische et Sedin (1998, 2001) ont évalué par le biais d'un entretien de 10 à 15 minutes différents aspects du langage spontané de deux cohortes d'enfants ayant séjourné en soins intensifs, et parmi eux d'enfants nés prématurés. Ils ont également soumis les enfants à dix épreuves mesurant plusieurs habiletés linguistiques (Jennische & Sedin, 1999). Ces évaluations ont été réalisées juste avant l'entrée à l'école primaire, à l'âge de 6 ans et demi. Les auteurs font état de plus faibles performances au niveau des aspects formels du langage, et notamment au niveau de la grammaire, chez les enfants nés entre 23 et 27 SA comparés aux témoins. Ces enfants et ceux nés entre 28 et 31 SA présentent également davantage de troubles de la prosodie (Jennische & Sedin, 1998, 2001). Toujours par rapport au groupe contrôle, les enfants nés grands prématurés obtiennent de moins bons résultats aux différents tests linguistiques. Enfin, ces enfants sont plus nombreux comparés aux témoins et aux enfants nés prématurés légers à obtenir des scores inférieurs au dixième percentile à plusieurs des épreuves utilisées (Jennische & Sedin, 1999).

Les études réalisées par les auteurs (Jennische & Sedin, 1998, 1999) font apparaître des différences au niveau des performances des enfants en fonction des situations, ou plus précisément en fonction du domaine du langage qui est évalué. La plupart des enfants nés avant terme se montrent tout à fait à l'aise lors de conversations « spontanées », en l'occurrence lors d'un entretien portant sur des évènements familiers. Dans cette situation, seules quelques difficultés légères relatives à des aspects formels du langage ont été repérées (Jennische & Sedin, 1998). Ces enfants disposeraient donc de capacités langagières suffisamment bonnes et suffisamment bien intégrées pour permettre un discours aisé. En revanche, les anciens prématurés réalisent des performances plus faibles en situation de test. Ils obtiennent des scores inférieurs à ceux des témoins à des épreuves évaluant différentes habiletés linguistiques, plus coûteuses sans doute en terme de demandes (Jennische & Sedin, 1999).

Ainsi, ces travaux font apparaître la nécessité de considérer l'aspect du langage qui est appréhendé. Ils mettent également en avant le caractère essentiel de l'évaluation du langage spontané. L'analyse du discours spontané permet en effet, lorsqu'elle est couplée à l'évaluation d'habiletés linguistiques variées, d'avoir une idée plus juste de la qualité du développement langagier de l'enfant (Jennishe & Sedin, 1998).

4.3.4. Catégories d'enfants concernées et effet différentiel du terme

Les différentes difficultés qui viennent d'être mentionnées sont relativement fréquentes chez les enfants nés grands ou très prématurés (Briscoe & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 1998, 1999, 2001 ; Mellier & al., 1999), et chez ceux nés avec un poids très faible (Hunt & al., 1988 ; Marlow & al., 1993 ; Michelsson & al., 1984) ou extrêmement faible (Downie & al., 2002 ; Halsey & al., 1993 ; Saigal & al., 1991). Elles ont également été observées chez des enfants nés prématurés légers (Huddy & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 1999), ou avec un faible poids (Klebanov & al., 1994).

Il semble que les performances des enfants aux épreuves classiquement employées pour évaluer les habiletés langagières sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère (Jennische & Sedin, 1999 ; Klebanov & al., 1994). Toutefois, cela pourrait ne pas être le cas en ce qui concerne le langage spontané. Parmi différents groupes d'enfants ayant séjourné en

soins intensifs, ceux nés entre 23 et 27 SA réalisent de meilleures performances à ce niveau comparés aux enfants nés entre 28 et 31 SA (Jennische & Sedin, 1998). Chez des enfants anciens grands prématurés, Mellier et al. (1999) n'ont pas non plus montré d'effet différentiel du terme – les auteurs ont comparé les résultats d'enfants nés au plus à 30 SA avec ceux d'enfants nés après 30 SA - au niveau des scores à des épreuves de dénomination, de définition et de fluence. De la même manière, des enfants nés avec un poids inférieur à 800 grammes ne se différencient pas de ceux nés avec un poids compris entre 800 et 1000 grammes en ce qui concerne leurs performances en lecture, à l'âge de 8 ans (Kitchen & al., 1991).

4.3.5. Points de désaccords

Comme cela vient d'être évoqué, plusieurs auteurs ont fait état de troubles langagiers chez les enfants nés avant terme, à l'âge préscolaire et scolaire. Cependant, certaines études n'ont pas abouti aux mêmes résultats.

Calame et al. (1985) n'ont pas mis en évidence de différence significative au niveau de l'incidence et de la sévérité des troubles du langage entre des enfants nés avec un poids très faible et des témoins âgés de 8 à 10 ans. Les enfants anciens prématurés réalisent cependant des performances plus faibles aux épreuves de langage. Ainsi, 56% d'entre eux, contre 71% du groupe contrôle d'enfants nés à terme, ont un développement normal du langage ; ils sont 22%, contre 15% du groupe contrôle, à présenter un vocabulaire « pauvre » ou de légers troubles de l'articulation.

Par ailleurs, Downie, Frisk et Jakobson (2000, cités par Downie & al., 2002) ont évalué des enfants nés avec un poids extrêmement faible avec ou sans lésion périventriculaire à la fin du primaire et au début de l'adolescence, en comparaison avec des témoins nés à terme. Les anciens prématurés qui présentent une lésion cérébrale périventriculaire ont de plus faibles performances en lecture et en orthographe, et des capacités moindres de traitement phonologique, comparés aux témoins et aux enfants nés avec un poids extrêmement faible sans lésion périventriculaire. En revanche, ces derniers ne se distinguent pas des témoins au regard de leurs performances dans ces domaines (Downie & al., 2000, cités par Downie & al., 2002). Ces résultats, comme ceux d'autres études (Frisk & Whyte, 1994), laissent à penser que les plus faibles habiletés langagières des enfants nés avec un poids extrêmement faible ne sont pas liées à la prématurité en tant que telle, mais à la présence et/ou à la sévérité de l'atteinte cérébrale périventriculaire acquise au cours de la période périnatale (Downie & al., 2002).

4.3.6. Variables corrélées aux performances dans le domaine verbal

Si une atteinte cérébrale dans la région périventriculaire a une influence néfaste sur les performances d'enfants nés avant terme au plan langagier (Downie & al., 2000, cités par Downie & al., 2002), celles-ci semblent, de façon plus générale, assez peu associées aux variables bio-médicales. Le développement du langage apparaît beaucoup plus fortement lié aux facteurs socio-environnementaux.

Ainsi, les scores en lecture et en compréhension de textes d'une cohorte d'enfants nés grands prématurés évalués à 8 ou 9 ans ne sont pas corrélés de façon significative au poids de naissance, à l'âge gestationnel, ou au ratio entre le poids à la naissance et le poids normalement attendu compte tenu de la durée de la gestation (Hutton & al., 1997). Jennische et Sedin (1998, 2001) n'ont pas non plus observé de lien entre la fréquence plus élevée de troubles de la parole spontanée et l'âge gestationnel, le poids à la naissance, ou encore les scores d'Apgar chez des enfants nés prématurément ayant séjourné en soins intensifs. Ces résultats sont toutefois à nuancer. En effet, d'autres auteurs ont montré que le faible poids et le caractère prématuré de la naissance constituent des déterminants indépendants des difficultés au niveau linguistique (Yliherva & al., 2001). En outre, d'autres variables relatives à l'enfant ont une influence négative sur les performances des anciens prématurés dans le domaine verbal. Cela semble être le cas du sexe masculin (Wolke & al., 2004 ; Yliherva & al., 2001), même si Hutton et al. (1997) n'ont pas mis en évidence d'influence du sexe sur les performances en lecture et en compréhension de textes d'enfants anciens grands prématurés. Pour ce qui paraît plus assuré, le caractère hypotrophe à la naissance a également un effet néfaste sur les habiletés linguistiques (Hughes & al., 1999 ; Kok & al., 1998) ; il doit donc être distingué du rapport entre le poids à la naissance et le poids normalement attendu compte tenu de l'âge gestationnel. Par ailleurs, le fait d'avoir développé une dysplasie broncho-pulmonaire augmente la probabilité pour un enfant d'avoir des problèmes dans le domaine verbal (Hughes & al., 1999). Enfin et pour ce qui peut paraître trivial, les troubles de l'audition constituent un facteur de risque de déficits langagiers (Yliherva & al., 2001).

Ainsi, plusieurs facteurs bio-médicaux ont un impact sur les habiletés langagières des enfants nés prématurément. Toutefois, celles-ci sont beaucoup plus fortement corrélées aux variables socio-environnementales (Dammann & al., 1996 ; Marlow & al., 1993). L'environnement à la maison et l'appartenance ethnique influent sur les performances des enfants dans les épreuves verbales (Klebanov & al., 1994). Par ailleurs, un nombre élevé d'enfants (supérieur à 4) dans la famille a un effet néfaste sur les capacités verbales (Yliherva & al., 2001) ; c'est aussi le cas de la dépression maternelle (Klebanov & al., 1994). De façon plus fondamentale, les habiletés langagières entretiennent des corrélations fortes avec le niveau d'études de la mère (Hughes & al., 1999 ; Hutton & al., 1997 ; Klebanov & al., 1994).

En dépit de l'influence d'un grand nombre de facteurs, biologiques et surtout socio-environnementaux, la prématurité a un impact sur le développement verbal. Ainsi, les différences observées au niveau des capacités langagières entre des enfants nés avec un poids faible, très faible ou extrêmement faible et les témoins nés à terme persistent après contrôle de quatre variables relatives à l'enfant et à sa mère. Les écarts entre les scores des enfants nés avec un poids extrêmement faible et ceux des témoins sont encore relevés après que des contrôles supplémentaires relatifs à des facteurs socio-démographiques et familiaux aient été effectués (Klebanov & al., 1994).

Comme nous avons pu le voir, une naissance avant terme peut être à l'origine de difficultés dans les domaines non-verbal et verbal, à l'âge préscolaire et scolaire. Elle peut également avoir des conséquences dans la sphère comportementale.

4.4. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau du comportement ; problèmes d'attention et hyperactivité

Concernant les conséquences d'une naissance prématurée dans la sphère comportementale, nous nous intéresserons essentiellement aux troubles de l'attention et aux problèmes d'hyperactivité. Chez les enfants nés avant terme, l'existence de ces difficultés semble en effet plus assurée que celle d'autres problèmes comportementaux plus généraux. En outre, de tels troubles peuvent être à l'origine de difficultés d'ordre cognitif.

4.4.1. Instruments d'évaluation du comportement

L'appréciation du comportement des enfants anciens prématurés se fonde essentiellement sur les évaluations réalisées par les parents et par les enseignants (Horwood & al., 1998 ; Huddy & al., 2001 ; Klebanov & al., 1994 ; Marlow & al., 1993 ; Taylor & al., 2000). Les études qui s'intéressent aux conséquences d'une naissance avant terme dans ce domaine utilisent le plus souvent des questionnaires ou des échelles par le biais desquels parents et/ou enseignants doivent juger du comportement général de l'enfant, ou de certains de ses aspects spécifiques[22]. De nombreux auteurs emploient la *Child Behavior Checklist* – CBC- (Hack & al., 1992 ; Hille & al., 2001 ; Ross, Lipper & Auld, 1990 ; Taylor, Hack & Klein, 1998) qui évalue plusieurs dimensions : le retrait, les plaintes somatiques, les manifestations anxieuses ou dépressives, les difficultés de socialisation, les troubles du cours de la pensée, les difficultés attentionnelles, les conduites délinquantes et les comportements agressifs. Une version courte de la CBC, le *Behavioral Problems Index* – BPI -, est parfois utilisée (McCormick, Brooks-Gunn, Workman-Daniels, Turner & Peckham, 1992 ; McCormick & al., 1990). D'autres études utilisent des outils tels que les échelles de Rutter dont les versions diffèrent selon qu'elles sont adressées aux parents ou aux enseignants, celles de Conners (Marlow & al., 1993 ; McDonald & al., 1989 ; Pharoah & al., 1994), ou encore d'autres questionnaires qui s'en inspirent (Horwood & al., 1998). Le *Strengths and Difficulties behaviour Questionary* – SDQ - (Huddy & al., 2001), l'échelle de Davids - *Davids Scale for Hyperkinesis* - (Robertson & al., 1990), le *Home Situation Questionnaire revised* - HSQ-r - (Stjernqvist & Svenningsen, 1999) servent spécifiquement à évaluer l'hyperactivité. Des entretiens semi-structurés (Calame & al., 1985) ou structurés avec les parents permettent également de recueillir des données anamnèstiques concernant l'enfant et sa famille, ainsi que des renseignements sur le comportement de l'enfant (Bloch Petersen &

---

[22] Un problème se pose dans les études qui se fondent sur des évaluations faites à la fois par les parents et par les enseignants, relatif au degré d'accord entre les deux. Parce que les manifestations des troubles comportementaux relevés, en particulier celles de l'hyperactivité et des difficultés d'attention, peuvent varier selon les situations (Huddy & al., 2001 ; Pharoah & al., 1994 ; Teplin & al., 1991), les évaluations réalisées par les parents diffèrent relativement souvent de celles des enseignants. L'accord ne concerne alors qu'une minorité d'enfants. Dans l'étude de Huddy et al. (2001), les jugements émis par les parents concordent avec ceux des enseignants pour seulement 8% d'une cohorte d'enfants nés prématurés légers. Par ailleurs, Pharoah et al. (1994) se sont intéressés à la proportion d'enfants hyperactifs chez des enfants nés avec un faible poids comparés à des témoins nés à terme. La différence entre les deux groupes est hautement significative lorsque les enfants sont évalués par leurs parents et par les enseignants à l'aide de l'échelle de Rutter (14,7% *vs* 6,0%). A l'inverse, elle est non significative avec l'échelle de Conners, proposée uniquement aux enseignants (12,0% *vs* 7,0%).

al., 1990) et d'éventuelles psychopathologies. On peut citer ici le *Diagnostic Interview Schedule for Children* (DISC-2.3), utilisé par Girouard et al. (1998). C'est également le cas du *Cedarblad and Höök's behavior symptom interview*, inspiré des échelles de McFarlane (Stjernqvist & Svenningsen, 1995).

4.4.2. Troubles comportementaux relevés

Par le biais de ces instruments, des problèmes de comportement ont été mis en évidence au sein de la population des enfants nés avant terme (Calame & al., 1985 ; Hack & al., 1992 ; Horwood & al., 1998 ; Marlow & al., 1993 ; McCormick & al., 1992 ; Pharoah & al., 1994 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999 ; Whitaker & al., 1997). Ils ont été distingués en troubles dits externalisés et internalisés.

Pour ce qui concerne les troubles externalisés, les enfants anciens prématurés font preuve plus fréquemment que les témoins d'irritabilité, d'agressivité (Breslau, Klein & Allen, 1988 ; Peterson & al., 2000 ; Ross & al., 1990), et montrent davantage de comportements délinquants (Ross & al., 1990 ; Sommerfelt & al., 1993). Ces enfants présentent aussi plus souvent des problèmes d'attention (Astbury, Orgill, Bajuk & Yu, 1985 ; Astbury & al., 1987 ; Hille & al., 2001 ; Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Marlow & al., 1993 ; Szatmari & al., 1990 ; Taylor, Hack & Klein, 1998 ; Taylor, Hack, Klein & Schatschneider, 1995 ; Teplin & al., 1991 ; Wolke, 1998) et d'hyperactivité (Breslau & al., 1996 ; Calame & al., 1985 ; Hack & al., 1992 ; Klebanov & al., 1994 ; McCormick & al., 1992 ; McCormick & al., 1990 ; Robertson & al., 1990 ; Ross & al., 1990 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999).

Toutefois, Taylor et al. (2000) n'ont pas mis en évidence de différence selon le statut à la naissance (enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes, avec un poids compris entre 750 et 1499 grammes *vs* enfants nés à terme) au niveau des jugements émis par les enseignants à propos de la présence de difficultés comportementales et de problèmes d'attention ou d'hyperactivité.

Pour ce qui est des troubles internalisés, les enfants anciens prématurés sont plus souvent tristes, passifs et retirés socialement à l'âge scolaire en comparaison avec des témoins nés à terme (Nadeau, Boivin, Tessier, Lefebvre & Robaey, 2001 ; Peterson & al., 2000 ; Whitaker & al., 1997 ; Zelkowitz, Papageorgiou, Zelazo & Weiss, 1995). D'autres études ont fait état de difficultés chez ces enfants au niveau des interactions sociales (Jongmans & al., 1997 ; McCormick & al., 1992 ; Ross & al., 1990 ; Sibertin-Blanc & al., 2001 ; Tchénio, 1998), mais pas toutes (Taylor & al., 2000).

Si différents problèmes de comportement ont été relevés chez des enfants anciens prématurés d'âge scolaire, en revanche, Taylor et al. (2000) ont montré que ceux-ci ne se distinguent pas des témoins nés à terme au regard de leurs réponses à des questionnaires relatifs à la perception de soi (*Self-Perception Profile for Children*) ou aux affects dépressifs (*Children's Depression Inventory*). De la même manière, McCormick et al. (1992) se sont intéressés au bien-être mental et émotionnel d'enfants de différents poids de naissance, à l'âge scolaire. Deux-cent-quarante-sept enfants nés avec un poids de 1000 grammes ou moins, 364 enfants nés avec poids compris entre 1001 et 1500 grammes, 724 enfants nés avec un poids compris entre 1501 et 2500 grammes et 533 enfants nés avec un poids supérieur à 2500 grammes ont participé à cette étude. Leurs mères ont répondu à trois questionnaires standardisés : le *Rand General Well-being Scale*, le *Behavior Problem Index*, et le *Harter*

Scale of Child Competence, relatif à l'image de soi et à la perception des compétences propres chez l'enfant. Les enfants nés avec poids inférieur à 2500 grammes ne diffèrent pas des témoins en ce qui concerne le *Rand General Well-being Scale*, qui évalue le bien-être mental. En outre, leurs scores à l'échelle de dépression du *Behavior Problem Index* ne permettent pas de différencier ces enfants des témoins. Deux points importants sont à souligner. D'une part et quel que soit leur poids de naissance, les scores des enfants anciens prématurés à ces différents questionnaires s'inscrivent dans la normale. D'autre part, plusieurs facteurs influencent les jugements émis par les parents relativement aux problèmes d'ordres comportemental et émotionnel présentés par leurs enfants. C'est en particulier le cas de l'état de santé de l'enfant, de l'état de santé mental de la mère, de la qualité de l'environnement familial – notamment du point de vue des stimulations intellectuelles offertes à l'enfant -, et du fait pour l'enfant d'être exposé au tabac dans son foyer. Au regard de ces résultats, il apparaît que des mesures d'intervention précoces pourraient permettre une amélioration du développement des enfants considérés comme les plus à risque (McCormick & al., 1992).

4.4.3. Troubles de l'attention et hyperactivité

Un certain nombre de troubles ont été relevés chez les enfants anciens prématurés d'âges préscolaire et scolaire, qui touchent la sphère comportementale. Parmi ceux-ci, les problèmes d'attention et/ou d'hyperactivité sont, nous l'avons vu, fréquemment mentionnés.

4.4.3.1. Principaux résultats

En comparaison avec des témoins nés à terme, les enfants nés prématurément sont considérés comme plus distractibles (Field, Dempsey & Shuman, 1983, cités par Sansavini & al., 1996), plus « rêveurs » (Klebanov & al., 1994), et comme ayant davantage de difficultés à rester concentrés (Breslau, 1995 ; Calame & al., 1985 ; Jennische & Sedin, 2001 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995). Ils sont aussi souvent décrits comme hyperactifs (Pharoah & al., 1994), agités, incapables de se poser (Marlow & al., 1993). En outre, plusieurs études font état d'un lien significatif entre le syndrome d'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention (H-TDA) et le faible poids à la naissance (Botting & al., 1997 ; Breslau, 1995 ; Hack & al., 1992 ; Horwood & al., 1998 ; Pharoah & al., 1994 ; Szatmari & al., 1990). Quinze pour cent d'une cohorte d'enfants nés avec un poids compris entre 501 et 2000 grammes présentent un H-TDA à l'âge de 6 ans (Whitaker & al., 1997). C'est aussi le cas de 23% d'un groupe d'enfants nés avec un poids très faible à l'âge de 12 ans, contre 6% du groupe contrôle (Botting & al., 1997). D'après la méta-analyse de Bhutta et al. (2002), les enfants anciens prématurés ont, à l'âge scolaire et comparés aux témoins nés à terme, au moins deux fois plus de risque de présenter un syndrome H-TDA.

En revanche, certains auteurs mettent en cause l'idée d'une relation entre le faible poids de naissance et le développement, au cours de l'enfance, de troubles de la conduite (Botting & al., 1997), de troubles émotionnels (Szatmari & al, 1990), de comportements opposants et/ou défiants ou de troubles anxieux (Breslau, 1995). Contrairement à ce qui est habituellement observé dans la population générale, les enfants nés avec un poids très faible seraient ainsi

davantage enclins à présenter une forme pure de trouble déficitaire de l'attention (Huddy & al., 2001), non associée au développement de trouble de la conduite ou de comportement opposant (Botting & al., 1997 ; Breslau, 1995 ; Szatmari, Saigal, Rosenbaum & al., 1993). Par ailleurs, Girouard et al. (1998) n'ont pas observé d'association entre les comportements hyperactifs et opposants, chez des enfants nés entre 24 et 28 SA évalués à près de 6 ans. Pour les auteurs, cette absence de relation suggère l'existence de deux patterns distincts de troubles externalisés. Le premier type caractériserait des enfants nés prématurés sévèrement malades à la naissance, pouvant présenter une lésion cérébrale minime ou une anomalie du développement cérébral, qui deviendraient distractibles et hyperactifs. En revanche, les autres types de troubles du comportement ne seraient pas directement liés au statut néonatal. Ils reflèteraient davantage les réactions d'enfants nés à terme face à un style parental protecteur, interprétées par les mères comme de la défiance.

Si le faible poids à la naissance semble donc lié au développement de difficultés d'attention et/ou d'hyperactivité, son association avec d'autres problèmes comportementaux plus généraux est en revanche beaucoup moins claire (Breslau, 1995). **L'observation récurrente de problèmes spécifiques d'attention et d'hyperactivité chez des enfants anciens prématurés justifie alors qu'ils soient examinés de manière approfondie, indépendamment des autres troubles du comportement pouvant être associés à une naissance avant terme.**

4.4.3.2. Epoques de la vie concernées

Ces différents troubles s'observent chez les enfants nés avant terme dès l'âge préscolaire (Bloch Petersen & al., 1990 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995 ; Zuazo & al., 1999). Kalmar (1996) fait ainsi état de difficultés pour administrer le test d'intelligence de Binet à plusieurs enfants nés avant terme âgés de 3 ans, du fait de leurs problèmes d'attention. De la même manière, Rieck, Arad et Netzer (1996) montrent que 58% des enfants nés avec un très faible poids évalués entre 3 et 7 ans ont complété les échelles de la McCarthy, contre 80% à 85% des enfants nés à terme. Par ailleurs, les problèmes de comportement se retrouvent fréquemment à l'âge scolaire (Breslau, 1995 ; Hack & al., 1992 ; Hille & al., 2001 ; Horwood & al., 1998 ; Marlow & al., 1993 ; Pharoah & al., 1994 ; Robertson & al., 1990 ; Teplin & al., 1991). Ils sont, pour certains d'entre eux, encore relevés au début de l'adolescence (Botting & al., 1997).

Certains signes précurseurs pourraient être repérés dès les premiers mois de vie. Plusieurs études ont montré que les enfants nés prématurément présentent, au cours de la période néonatale, des réponses moins « matures » que celles des témoins nés à terme dans de nombreux domaines, dont : l'orientation vers les stimuli et la régulation des états de vigilance. Comparés aux témoins, les nouveau-nés prématurés évalués à l'âge du terme sont aussi moins performants lors de la poursuite de stimuli visuels. Ils montrent également des fixations visuelles plus longues, reflétant une vitesse plus faible de traitement de l'information (Wallace & al., 1995).

Finalement, les difficultés mentionnées se retrouvent depuis les premiers mois de vie jusqu'au milieu de l'enfance, au moins pour la plupart d'entre elles. Certains troubles sont encore observés à l'adolescence.

4.4.3.3. Effet différentiel de la sévérité de la prématurité

Les difficultés d'attention et d'hyperactivité évoquées ne caractérisent pas uniquement les enfants nés avec un poids très faible ou ceux nés grands prématurés. Elles se retrouvent chez les enfants nés avec un faible poids (Pharoah & al., 1994) et chez ceux nés prématurés légers (Huddy & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 2001). Cependant, plusieurs études ont abouti à des résultats contraires. Bloch Petersen et al. (1990) font état de ressources attentionnelles plus pauvres à l'âge de 4 ans ½ chez des enfants nés avec un poids très faible comparés à des témoins nés à terme, mais pas chez ceux nés avec un faible poids[23]. De la même manière, des enfants nés avec un poids très faible ont des scores plus élevés à l'échelle Hyperactivité du BPI comparés à des témoins, tandis que la différence entre les derniers et des enfants nés avec un faible poids n'est pas significative (McCormick & al., 1990).

Comme pour la plupart des troubles observés chez les anciens prématurés, ces difficultés sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère (Breslau, 1995 ; Hack & al., 1994 ; Horwood & al., 1998 ; Klebanov & al., 1994).

4.4.4. Variables corrélées aux problèmes comportementaux

Plusieurs facteurs augmentent, ou au contraire diminuent, les risques pour les enfants nés avant terme de présenter des troubles du comportement à l'âge scolaire. Ces variables concernent l'enfant d'une part, son environnement d'autre part.

Parmi les facteurs relatifs à l'enfant, le sexe a une influence sur la fréquence d'hyperactivité. Celle-ci est plus courante chez les garçons anciens prématurés comparés aux témoins (Whitaker & al., 1997), tandis que la différence concernant les filles est beaucoup plus faible (Pharoah & al., 1994). Des différences au niveau du développement du système dopaminergique pourraient expliquer le risque plus élevé, chez les garçons, de présenter un H-TDA (Whitaker & al., 1997). De manière générale, il est à noter que les garçons souffrent de problèmes de comportement plus fréquemment que les filles (Ross & al., 1990 ; Taylor & al., 1998 ; Taylor & al., 2000). Par ailleurs, un certain nombre de variables bio-médicales ont une incidence sur le développement des troubles évoqués. On peut citer ici : le caractère hypotrophe et l'état de santé à la naissance, ainsi que la survenue de complications néonatales. Les problèmes comportementaux observés chez les enfants anciens prématurés sont plus fréquents chez ceux nés hypotrophes (McCormick & al., 1990 ; Robson & Cline, 1998), en particulier l'hyperactivité (Robertson & al., 1990). De la même manière, l'état de santé à la naissance a une influence directe sur la probabilité pour un enfant de développer un comportement hyperactif (Girouard & al., 1998). Les troubles évoqués présentent également des corrélations avec les complications survenant au cours de la période néonatale : maladie des membranes hyalines, septicémie, entéro-colite nécrosante, apnée (Taylor & al., 1998). Toutefois, leur apparition est plus fortement liée à la présence de trouble cérébral sévère. La survenue d'une lésion cérébrale au cours de la période périnatale semble jouer un rôle déterminant dans le développement du syndrome H-TDA (Whitaker & al., 1997). L'augmentation significative du risque pour les enfants nés avec un poids inférieur à 2000 grammes de présenter des troubles psychiatriques - et en particulier un H-TDA - à l'âge de 6

---

[23] Ces difficultés d'attention ont été observées chez 28% des enfants nés avec un poids très faible, 17% des enfants nés avec un faible poids, et 12% du groupe contrôle de témoins nés à terme (Bloch Petersen & al., 1990).

ans est plus précisément attribuée aux anomalies crâniennes suggérant une lésion de la substance blanche, telles que les lésions parenchymateuses et/ou les dilatations ventriculaires (Whitaker & al., 1997 ; voir aussi Stjernqvist & Svenningsen, 1995). L'hydrocéphalie a également des effets négatifs au niveau des performances attentionnelles (Dennis & Barnes, 1994).

Les hypothèses émises pour rendre compte du lien entre le faible poids à la naissance et les difficultés d'attention et d'hyperactivité se centrent essentiellement sur des aspects lésionnels du système nerveux central, et notamment sur des atteintes de la substance blanche (Hack & al., 1992 ; Hille & al., 2001 ; Whitaker & al., 1997 ; voir aussi Campbell, Ewing, Breaux & Szumowski, 1986 ; Klein, 1988). Néanmoins, on ne peut nier l'influence de plusieurs variables socio-environnementales (Hille & al., 2001). Comme d'autres facteurs de risque sociaux (Taylor & al., 1998), l'origine ethnique et le niveau d'études de la mère ont une influence sur les scores aux épreuves d'attention, et plus généralement sur la fréquence de problèmes comportementaux (Klebanov & al., 1994). C'est aussi le cas de la classe sociale[24] (Ross & al., 1990) et des stratégies éducatives des parents (Hille & al., 2001 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999). De manière plus globale, la qualité de l'environnement familial entretient des corrélations avec les performances aux tests d'attention (Klebanov & al., 1994) et avec l'hyperactivité (Girouard & al., 1998). Girouard et al., (1998) ont cependant montré que si l'effet de l'état de santé à la naissance sur le comportement hyperactif est direct, celui de l'environnement familial est entièrement médiatisé par les habiletés langagières.

De nombreux facteurs ont un rôle dans le développement de problèmes de comportement, en particulier des difficultés d'attention et/ou d'hyperactivité. Cependant, il semble bien que la prématurité contribue de façon indépendante à la survenue de tels troubles. La relation entre le faible poids de naissance et les difficultés d'attention et/ou d'hyperactivité persiste en dépit du contrôle de l'influence de plusieurs variables relatives à l'enfant (Horwood & al., 1998) ou à son environnement (Taylor, Nelson & Howie, 1993). Klebanov et al. (1994) ont montré que la différence entre les enfants nés avec un poids extrêmement faible et les autres groupes d'enfants distingués en fonction du poids de naissance au niveau des scores d'attention reste significative après contrôle de l'influence de la durée d'hospitalisation néonatale, du sexe de l'enfant, des origines ethniques[25] (voir aussi Hille & al., 2001), du niveau d'études de la mère, et d'autres variables socio-démographiques et familiales comme la dépression maternelle et la qualité de l'environnement à la maison. D'autres auteurs ont souligné que la prématurité a des effets négatifs en général sur le comportement, et pas seulement chez les enfants avec troubles neurologiques avérés (voir notamment Horwood & al., 1998).

---

[24] Les résultats de l'étude de Ross et al. (1990) indiquent que la prématurité et la faible classe sociale sont associées à de plus faibles compétences sociales et à une incidence plus élevée de problèmes de comportement. Concernant ces derniers, il existe une interaction entre les deux facteurs mentionnés. Les enfants anciens prématurés ont des scores plus élevés à l'échelle Problèmes Comportementaux de la CBCL que le groupe d'enfants à partir duquel les normes de cet instrument ont été réalisées, et ce, pour les trois classes sociales considérées. Toutefois, la différence est particulièrement importante pour les enfants de bas niveau socio-économique.

[25] Le lien entre le faible poids à la naissance et les troubles du comportement observés au cours de l'enfance se retrouve dans l'étude transculturelle menée par Hille et al. (2001), basée sur des cohortes d'enfants nés avec un poids extrêmement faible issues de quatre pays différents (Canada, Etats-Unis, Pays-Bas et Allemagne).

4.4.5. Impact des troubles comportementaux à l'école et hypothèses explicatives

Les troubles comportementaux relevés chez certains enfants nés prématurément, et en particulier les problèmes d'attention et d'hyperactivité, ont des conséquences négatives au plan scolaire. Ainsi, McCormick et al. (1990) ont mis en évidence une corrélation élevée entre le comportement hyperactif et les problèmes scolaires chez des enfants nés avec un poids très faible, mais non chez ceux nés avec un poids faible ou normal. Et bien que de nombreuses variables socio-démographiques corrèlent avec les difficultés scolaires, le très faible poids à la naissance et les scores élevés à l'échelle Hyperactivité contribuent de façon indépendante au risque de présenter des problèmes à l'école (McCormick & al., 1990). Par ailleurs, l'agitation observée chez certains enfants anciens prématurés entraîne de plus grandes difficultés au niveau de la discrimination auditive « figure/fond » (Doyle, Keir, Kitchen, Ford, Rickards & Kelly, 1992). Celles-ci peuvent être source de gênes dans des environnements bruyants, comme cela peut être le cas en classe.

En dépit de capacités intellectuelles dans la normale, les enfants anciens prématurés encourent donc davantage de risque de présenter des problèmes scolaires, qui sont en partie associés au comportement hyperactif (McCormick & al., 1990) et aux problèmes d'inattention (Den Ouden, Hille & Verloove-Vanhorick, 1993 ; Halsey & al., 1993 ; Ornstein & al., 1991). De par leur impact sur la scolarité des enfants nés avant terme, et, par là, sur leur qualité de vie, la compréhension des causes de ces difficultés s'avère fondamentale.

Visant cet objectif, certains auteurs ont interprété les troubles du comportement évoqués comme la conséquence du plus faible niveau intellectuel des enfants anciens prématurés. C'est le cas de Sykes, Hoy, Bill, Halliday, McClure et Reid (1997), qui ont montré que les différences observées dans la sphère comportementale entre les enfants nés avec un très faible poids et les témoins sont réduites lorsqu'elles sont contrôlées par le QI. Pour les auteurs, les enfants nés avec un très faible poids présentent davantage de problèmes comportementaux en tant que, du fait d'un niveau plus faible de fonctionnement intellectuel, leurs capacités à choisir ou à exécuter les comportements appropriés sont limitées. Les résultats d'autres études, qui font état de corrélations élevées entre l'hyperactivité et le fait de présenter un niveau plus faible d'efficience cognitive, iraient dans le même sens. Chez des enfants nés avec un poids inférieur ou égal à 2000 grammes en effet, 42% des enfants dont le QI est inférieur à 70 sont hyperactifs, 16% de ceux dont le QI est compris entre 70 et 85, et 11% de ceux dont le QI est supérieur à 85 (Pharoah & al., 1994). De la même manière, Zuazo et al. (1999) ont montré que le QI des enfants présentant un H-TDA est inférieur de 10 points en moyenne à celui d'enfants non hyperactifs (voir aussi Szatmari & al., 1990). Si des différences du même ordre – entre des anciens prématurés avec et sans H-TDA - ont été relevées à l'âge de 12 ans (Botting & al., 1997), néanmoins, d'autres études ont montré que les troubles comportementaux sont indépendants du niveau d'efficience intellectuelle (Isaacs & al., 2000). En outre, l'observation d'une corrélation élevée entre deux variables, en l'occurrence la présence d'hyperactivité et le faible niveau d'efficience cognitive, ne permet pas d'inférer une relation causale entre les deux.

Une autre interprétation des difficultés non seulement comportementales mais aussi cognitives observées chez les enfants anciens prématurés, en termes de déficit exécutif, est alors possible, et peut-être plus plausible (Harvey, O'Callaghan & Mohay, 1999 ; Rose & Feldman, 1996 ; Whitfield & al., 1997 ; Wolke, 1998). Cette hypothèse se fonde en partie sur l'observation de spécificités comportementales (Whitfield & al., 1997) ou relatives aux choix stratégiques (Mellier & al., 1999) chez les anciens prématurés, qui vont dans le sens d'une moindre efficience des fonctions exécutives. Les enfants nés avec un poids extrêmement faible montrent, à 9 ans, significativement plus de problèmes que les témoins pour travailler seuls. Ils ont davantage besoin d'une aide de l'adulte dans les situations d'apprentissage, avec un *feedback*, des félicitations et des encouragements constants à persister (Whitfield & al., 1997). Mellier et al. (1999) montrent par ailleurs que des enfants nés grands prématurés, évalués à l'âge de 6 ans en comparaison avec des témoins nés à terme, consultent trois à quatre fois plus souvent le modèle pendant la copie de la figure de Rey, adoptant un mode de résolution au trait par trait ; la même remarque vaut pour l'écriture du prénom. Ces enfants réalisent également des dessins du Bonhomme beaucoup plus petits que ceux des témoins. Les enfants anciens grands prématurés adoptent donc des stratégies différentes de celles des témoins, qui se caractérisent notamment par un plus grand nombre de prises d'informations. Ces stratégies ne sont pas les plus adéquates pour aboutir rapidement au but, mais elles sont efficaces pour limiter la planification et le contrôle des activités mentales en cours (Mellier & al., 1999).

4.5. Conséquences d'une naissance prématurée au niveau des fonctions attentionnelles exécutives

Les résultats de plusieurs études vont dans le sens d'un fonctionnement exécutif moins assuré chez les enfants nés avant terme comparés aux témoins. C'est le cas des travaux de Whitfield et al. (1997) et de Mellier et al. (1999), qui font état de certaines particularités concernant des aspects du comportement en situation d'apprentissage ou l'utilisation de stratégies chez des enfants anciens prématurés. C'est aussi le cas d'autres études, fondées sur la comparaison des performances d'enfants nés avant terme *vs* à terme à des tests « objectifs » évaluant différents processus exécutifs. Les processus mnésiques, et notamment ceux relatifs à la mémoire de travail, en font partie.

4.5.1. Conséquences d'une naissance prématurée dans le domaine de la mémoire

Plusieurs auteurs se sont intéressés à des aspects du fonctionnement mnésique des enfants anciens prématurés (voir notamment Briscoe, Gathercole & Marlow, 1998 ; Isaacs & al., 2000 ; Rose & Feldman, 1996).

4.5.1.1. Principaux résultats

Certains ont mis en évidence des déficits au niveau mnésique chez les enfants nés prématurément, qui pourraient être liés aux problèmes d'attention auparavant mentionnés (Isaacs & al., 2000). Ces difficultés ont été observées à l'âge préscolaire (Briscoe & al., 2001 ; Rieck & al., 1996), scolaire (Anderson, Doyle & the Victorian Infant Collaborative Study Group, 2004 ; Hack & al., 1992 ; Luciana, Lindeke, Georgieff, Mills & Nelson, 1999 ; Taylor & al., 2000), et au début de l'adolescence (Curtis, Lindeke, Georgieff & Nelson, 2002 ; Isaacs & al., 2000 ; Rose & Feldman, 1996). Chez des enfants nés avec un très faible poids évalués à 6 ans, elles ont été relevées quels que soient le statut neurologique et les origines sociales des enfants. Ainsi, même les enfants indemnes de séquelle neurologique et ceux issus de classes sociales aisées ont des scores inférieurs aux normes à des épreuves de mémoire immédiate visuelle et auditive (Dammann & al., 1996 ; voir aussi Hack & al., 1992).

Rieck et al. (1996) ont évalué le fonctionnement cognitif de 83 enfants nés avec un poids très faible par le biais des échelles de McCarthy, entre 3 et 7 ans. Ils ont comparé leurs résultats à ceux de deux groupes d'enfants « témoins » issus de classes sociales moyenne et défavorisée. Les enfants témoins issus des classes moyennes ont des scores significativement supérieurs à ceux des deux autres groupes à l'échelle de Mémoire de la McCarthy ; les enfants nés avec un poids très faible ne se différencient pas des témoins issus de familles de bas niveau socio-économique dans ce domaine. Ces observations sont toujours valables lorsque le niveau d'études de la mère est pris en compte. Les enfants anciens prématurés réalisent des performances particulièrement faibles dans l'épreuve de rappel de chiffres à l'envers *Numerical Memory Backwards*, qui permet d'évaluer l'efficience de la mémoire de travail. A partir de l'âge de 6 ans, leurs résultats sont significativement inférieurs à ceux des deux groupes témoins ; en outre, cette différence entre les groupes s'accentue avec l'âge.

Luciana et al. (1999) font également état de plus faibles capacités de mémoire de travail chez 40 enfants anciens prématurés comparés à des témoins, entre 7 et 9 ans. Sur la base des résultats des enfants aux épreuves de la batterie informatisée CANTAB - *Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery* - (Fray, Robbins & Sahakian, 1996 ; Sahakian & Owen, 1992, cités par Luciana & al., 1999), il apparaît que ceux anciens prématurés présentent un empan mnésique spatial moins élevé et ont de plus faibles capacités de mémoire de travail spatiale. Ces difficultés apparaissent surtout pour les items les plus difficiles, lorsque le degré de « stress cognitif » est élevé. Les performances des enfants sont corrélées significativement au Score de Risque Neurobiologique (NBRS), qui rend compte du degré de risque neurobiologique associé aux complications médicales survenant au cours de la période néonatale. Les enfants ayant un score NBRS élevé montrent un empan spatial moins élevé, commettent davantage d'erreurs et font preuve d'une recherche moins bien organisée dans l'épreuve de mémoire de travail spatiale. Ces résultats suggèrent que ce n'est pas la prématurité en tant que telle, mais bien plutôt les complications survenant au cours de la période néonatale – et qui affectent l'oxygénation cérébrale et la circulation sanguine - qui sont associées à des déficits ultérieurs au niveau de la mémoire de travail.

Les difficultés observées dans le domaine de la mémoire chez un certain nombre d'enfants nés prématurément semblent persister jusqu'à l'adolescence. Isaacs et al. (2000) ont comparé les performances mnésiques d'adolescents nés à 30 SA ou moins à celles de témoins nés à terme. Ils font état de différences significatives entre les deux groupes au niveau des scores à différents subtests du *Rivermead Behavioural Memory Test* (RBMT), qui permet

d'évaluer la mémoire épisodique. D'autres différences ont été relevées à certaines épreuves, verbales et non verbales, de rappel immédiat. Les adolescents nés prématurés ont également obtenu de plus faibles scores comparés aux témoins dans la partie 'rappel à l'envers' de l'épreuve Mémoire des Chiffres de la WISC-3, qui implique l' « administrateur central » de la mémoire de travail. En revanche, la différence entre les deux groupes n'est pas significative pour la partie 'rappel à l'endroit'. Les écarts entre les deux groupes ne sont pas non plus très importants dans les tâches de rappel différé. Enfin, les adolescents anciens prématurés diffèrent des témoins quant aux évaluations réalisées par les parents (Isaacs & al., 2000).

Curtis et al. (2002) ont de nouveau proposé les épreuves de la CANTAB à 32 des 40 enfants qui avaient été vus par Luciana et al. (1999), 3 ans après la première évaluation, soit entre 10 et 14 ans. Leurs performances ont été comparées à celles de 25 témoins nés à terme. Les auteurs cherchaient à déterminer si les déficits mnésiques et exécutifs présentés par ces enfants à l'âge de 8 ans s'atténuaient par la suite du fait de la plasticité cérébrale, ou, à l'inverse, s'ils se manifestaient sous forme de troubles neuropsychologiques et/ou comportementaux plus importants. De façon consistante avec les résultats précédemment obtenus par Luciana et al. (1999), les adolescents anciens prématurés montrent des capacités plus faibles de mémoire spatiale que les témoins, et commettent davantage d'erreurs dans les conditions les plus difficiles de l'épreuve de mémoire de travail spatiale de la CANTAB[26] (Curtis & al., 2002). Pour autant, l'effet de taille des différences était plus important lors de la première évaluation, et le pattern des résultats plus robuste et plus consistant. En d'autres termes, les déficits mnésiques et exécutifs relevés au début de l'adolescence dans une cohorte d'enfants nés prématurément sont moindres comparés à ceux qui avaient été observés à l'âge de 8 ans. Les auteurs interprètent ces résultats en termes de plasticité neurale ; les processus de maturation cérébrale pourraient également contribuer à l'amélioration constatée (Curtis & al., 2002).

Ainsi, plusieurs auteurs ont fait état de plus faibles performances chez les anciens prématurés dans des épreuves évaluant la mémoire épisodique (Isaacs & al., 2000 ; Vargha-Khadem, Gadian, Watkins, Connelly, Van Paesschen & Mishkin, 1997). Ces enfants ont également de plus faibles scores comparés aux témoins dans les tests de mémoire immédiate (Curtis & al., 2002 ; Isaacs & al., 2000 ; Luciana & al., 1999 ; Rieck & al., 1996), et ce, quelle que soit la nature (auditive, visuelle ou spatiale) des stimuli à rappeler (Dammann & al., 1996). Enfin et pour ce qui nous intéresse davantage, les enfants anciens prématurés démontrent de moins bonnes capacités de mémoire de travail (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Curtis & al., 2002 ; Isaacs & al., 2000 ; Luciana & al., 1999 ; Rieck & al., 1996). L'ensemble de ces difficultés relevées chez les anciens prématurés dans le domaine de la mémoire a été observé depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'adolescence.

Néanmoins, d'autres auteurs n'ont pas mis en évidence de différence entre les enfants anciens prématurés et ceux nés à terme pour ce qui concerne les performances mnésiques. C'est en particulier le cas de Mellier et al. (1999), qui montrent que les scores d'enfants nés avant 33 SA à différentes épreuves de mémoire de la McCarthy (chiffres, mots et phrases, histoire, *tapping*) ne diffèrent pas significativement de ceux des témoins nés à terme, à l'âge de 6 ans. Dans cette étude toutefois, les enfants nés grands prématurés sont plus nombreux

[26] Les analyses en régression multiple montrent que l'âge gestationnel – et donc le degré de développement cérébral à la naissance - rend compte de la majeure partie de la variance des scores à l'épreuve de mémoire spatiale. Le score NBRS est quant à lui de première importance pour la prédiction des erreurs réalisées dans l'épreuve de mémoire de travail spatiale (Curtis & al., 2002).

que les témoins à obtenir des scores à plus d'un écart-type sous la moyenne des tests. Ainsi, 25,5% du groupe des enfants nés avant terme contre 0% du groupe contrôle ont des scores sous la normale basse à l'épreuve de *tapping*, 19,7% *vs* 0% à l'épreuve de rappel de mots et de phrases, 25,6% *vs* 3,8% à l'épreuve de rappel d'histoire, 21,6% *vs* 0% à l'épreuve d'empan à l'endroit, et enfin 12,8% *vs* 3,8% à celle d'empan à l'envers.

4.5.1.2. Hypothèse explicative : rôle de l'hypoxie ?

Luciana et al. (1999) ont montré que les complications médicales survenant au cours de la période néonatale sont fortement impliquées dans le développement de déficits mnésiques, et plus généralement exécutifs, au cours de l'enfance. De par ses conséquences au niveau neurologique, l'hypoxie semble pouvoir expliquer, pour partie au moins, les plus faibles performances des enfants anciens prématurés dans les épreuves de mémoire.

Les enfants nés prématurés, et en particulier ceux nés avec un très faible poids, sont davantage susceptibles que les témoins de souffrir d'un stress hypoxique. Celui-ci, qui peut être la conséquence d'un syndrome de détresse respiratoire, est à l'origine de dysfonctionnements cérébraux touchant le lobe temporal médian. Ces anomalies concernent plus précisément l'hippocampe (Briscoe & al., 2001 ; Isaacs & al., 2000 ; Rose & Feldman, 1996), qui joue un rôle fondamental dans la mémoire - et notamment dans celle épisodique - (Squire, 1992 ; Zola, Squire, Teng, Stefanacci, Buffalo & Clark, 2000). Sur la base de ces éléments, plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse d'une plus faible croissance des volumes hippocampiques chez les enfants anciens prématurés, avec pour conséquence des déficits mnésiques (Isaacs & al., 2000), en particulier au niveau de la mémoire épisodique (Vargha-Khadem & al., 1997). Cette proposition semble se trouver vérifiée en tant que des adolescents nés à 30 SA ou moins, qui présentent des déficits spécifiques au niveau de certains aspects de la mémoire épisodique, ont des hippocampes plus petits que ceux des témoins en dépit d'une taille identique de la tête (Isaacs & al., 2000).

Néanmoins, les plus faibles performances mnésiques des enfants nés avant terme pourraient aussi être le reflet de troubles touchant d'autres parties du cerveau, et notamment le noyau caudé et le cortex préfrontal. Un dysfonctionnement affectant ces régions pourrait contribuer aux déficits observés chez les enfants anciens prématurés au niveau de la mémoire à court terme ou de la mémoire de travail (Luciana & al., 1999 ; voir aussi O'Donnell & Grace, cités par Curtis & al., 2002).

4.5.2. Répercussions de la prématurité au niveau d'autres mécanismes exécutifs

Certaines observations réalisées dans les premiers mois ou les premières années de vie suggèrent l'existence de « défauts attentionnels » chez les enfants nés prématurément en comparaison avec des témoins nés à terme. Ainsi, Coquel et Mellier (2000) se sont intéressés aux conduites attentionnelles d'enfants nés prématurés *vs* à terme à l'âge de 24 mois, période au cours de laquelle se produit généralement une modification de la régulation des actions. L'observation du comportement des enfants lors de l'exploration de la boîte à serrures de Goodman (Goodman & Field, 1991, cités par Coquel & Mellier, 2000) va dans le sens d'une moindre planification et d'un moindre contrôle de l'enchaînement des actions par les

représentations internes chez les enfants anciens prématurés. Dupin, Laurent, Stauder et Saliba (2000) font également état de plus faibles performances chez des enfants nés entre 26 et 32 SA comparés à des témoins appariés sur le niveau intellectuel dans une épreuve d'attention sélective auditive, à l'âge de 5 ans. L'enregistrement des potentiels évoqués va dans le sens de stratégies attentionnelles moins efficaces chez les anciens prématurés (Dupin & al., 2000). Comparés à des témoins nés à terme, les enfants anciens prématurés d'âge préscolaire font également preuve de plus faibles capacités de mémoire immédiate (Rieck & al., 1996), de planification et d'inhibition (Harvey & al., 1999). Des enfants nés avec un poids extrêmement faible d'intelligence « normale » obtiennent ainsi, à l'âge de 5 ans, de plus faibles scores que les témoins à une version simplifiée de la Tour de Hanoï et à l'épreuve dite « des gestes contraires » dans laquelle les enfants devaient taper une fois sur la table lorsque l'examinateur tapait deux fois, et inversement (Harvey & al., 1999).

De la même manière, plusieurs recherches attestent de performances plus faibles chez les enfants nés prématurément comparés aux témoins à des épreuves « exécutives », à l'âge scolaire (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Luciana & al., 1999 ; Mellier & al., 1999 ; Taylor & al., 2000 ; Teplin & al., 1991) et à l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Curtis & al., 2002 ; Isaacs & al., 2000 ; Rushe, Rifkin, Stewart, Townsend, Roth, Wyatt & Murray, 2001).

Anderson, Doyle et al. (2004) se sont intéressés au fonctionnement exécutif d'une cohorte régionale de 275 enfants nés avec un poids inférieur à 1000 grammes ou avec un âge gestationnel inférieur à 28 semaines comparés à des témoins, à l'âge de 8 ans. Ces enfants ont passé plusieurs épreuves supposées évaluer des processus exécutifs : les subtests Similitudes, Mémoire des Chiffres, Cubes, et Arrangements d'Images du WISC-3, l'épreuve de la Tour de Londres et la Figure Complexe de Rey. Leurs parents ont également répondu à 86 items du BRIEF – *the Behavior Rating Inventory of Executive Function* (Gioia, Isquith, Guy & Kenworthy, 2000, cités par Anderson, Doyle & al., 2004) -, qui permet d'appréhender les manifestations comportementales des fonctions exécutives. Les anciens prématurés ont des scores significativement inférieurs à ceux des témoins à l'ensemble des épreuves utilisées ; leurs performances restent toutefois dans la normale. Les scores des enfants nés avant terme sont d'autant plus faibles que l'âge gestationnel ou le poids de naissance est bas. Au regard des réponses fournies par les parents, il apparaît aussi que les anciens prématurés ont davantage de difficultés pour entreprendre une activité, pour générer de nouvelles idées ou de nouvelles stratégies, pour garder des informations « à l'esprit », ou pour planifier une séquence d'actions à l'avance. Ils sont aussi moins bien organisés que les témoins. En revanche, la prématurité ne semble pas avoir d'incidence sur l'impulsivité. Pour les auteurs, les performances des enfants et les jugements émis par leurs parents vont dans le sens d'un déficit exécutif global. Celui-ci concerne notamment le raisonnement, la prise de décision et les capacités organisationnelles. Pour ce qui corrobore les résultats d'autres recherches, les enfants anciens prématurés rencontrés pour l'étude d'Anderson, Doyle et al. (2004) présentent également de plus faibles capacités de mémoire de travail. Enfin, ils éprouvent des difficultés au niveau de la planification ; celles-ci avaient déjà été relevées par Harvey et al. (1999) à l'âge préscolaire, par Willatts et al. (1994) et par Luciana et al. (1999)[27] à l'âge scolaire. En revanche, il semble qu'à l'adolescence les anciens prématurés ne se distinguent plus des

[27] Des enfants anciens prématurés âgés de 8 ans en moyenne ont besoin de davantage de temps que les témoins nés à terme pour planifier une séquence d'actions. Ils ont aussi besoin de plus d'essais pour résoudre les problèmes de l'épreuve de la Tour de Londres de la CANTAB qui nécessitent 3 ou 5 déplacements (Luciana & al., 1999).

témoins nés à terme en ce qui concerne leurs performances dans les épreuves évaluant les capacités de planification (voir notamment Curtis & al., 2002 ; Mellier & Fessard, 1998).

D'autres mécanismes exécutifs sont affectés par une naissance prématurée. Les enfants nés avec un poids extrêmement faible présentent des capacités d'attention sélective plus faibles comparés aux témoins, selon l'évaluation faite par les enseignants à l'entrée à l'école (Teplin & al., 1991). Les anciens prématurés obtiennent également des scores inférieurs à ceux des témoins nés à terme à des épreuves de fluence verbale, à l'âge scolaire (Mellier & al., 1999) et à l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Rushe & al., 2001). En revanche, Allin et al. (2001) n'ont pas fait état de différence significative entre les scores d'adolescents nés avant 33 SA et ceux de témoins au *Trail Making Test* – qui permet d'évaluer la flexibilité cognitive - et à la figure complexe de Rey. De la même manière et sauf à l'épreuve de fluence verbale, des adolescents nés prématurément ne diffèrent pas des témoins au niveau de leurs scores à plusieurs mesures du fonctionnement attentionnel et exécutif, et ce, quel que soit le caractère normal ou anormal des images obtenues par IRM (Rushe & al., 2001).

Des déficits exécutifs ont été repérés dès les premières années de vie, en tous cas avant l'entré à l'école primaire, chez des enfants nés prématurément. Ils concernent plusieurs processus mnésiques – dont ceux impliqués dans la mémoire de travail - (Rieck & al., 1996) et attentionnels (Coquel & Mellier, 2000 ; Dupin & al., 2000) ; ils touchent également la planification et l'inhibition (Harvey & al., 1999).

Ces troubles au niveau des fonctions exécutives « supérieures » se retrouvent, pour ce qui paraît plus assuré, à l'âge scolaire. En comparaison avec des témoins nés à terme, les enfants anciens prématurés démontrent de plus faibles capacités de mémoire de travail, et obtiennent de plus faibles scores à plusieurs épreuves exécutives. C'est le cas en particulier dans des tâches de fluence verbale – dans lequel le sujet doit produire le maximum de mots appartenant à une même catégorie sémantique ou commençant par une lettre donnée, en un temps limité - (Mellier & al., 1999), dans celles d'attention sélective (Teplin & al., 1991), ainsi que dans des épreuves telles que la Tour de Hanoï ou la Tour de Londres qui évaluent la planification (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Luciana & al., 1999 ; Willatts & al., 1994). Pour ce qui nous intéresse tout particulièrement, toutes ces épreuves sont supposées impliquer l'inhibition de représentations distractrices.

A l'adolescence en revanche, les différences entre anciens prématurés et témoins nés à terme se font moins nettes. Ainsi, les premiers ne se distinguent plus des témoins quant à leurs capacités de planification (Curtis & al., 2002 ; Mellier & Fessard, 1998). Leurs scores dans des épreuves exécutives telles que le *Trail Making Test* (Allin & al., 2001 ; Rushe & al., 2001) ou la figure complexe de Rey (Allin & al., 2001) ne permettent pas non plus de les différencier des adolescents nés à terme. Néanmoins, les anciens prématurés réalisent toujours de moins bonnes performances que les témoins dans les épreuves de fluence verbale (Allin & al., 2001 ; Rushe & al., 2001). Ils démontrent également de plus faibles capacités de mémoire immédiate - Rushe & al. (2001) n'ont cependant pas mis en évidence de différence significative entre des adolescents anciens prématurés et des témoins au niveau de leurs scores dans une épreuve de rappel immédiat de chiffres - et d'une mémoire de travail moins efficiente (Curtis & al., 2002 ; Isaacs & al., 2000).

Sur la base de ces résultats, Mellier et Fessard (1998) ont émis l'hypothèse d'un développement discontinu des fonctions exécutives. D'autres auteurs postulent que les déficits observés à ce niveau s'amenuisent, sinon disparaissent, du fait de la maturation cérébrale. Ce point reste à préciser.

4.6. Implications des déficits cognitifs au niveau scolaire

Comme cela a déjà été évoqué, les troubles dits « mineurs » observés chez nombre d'enfants anciens prématurés constituent souvent des obstacles majeurs à une scolarité normale (Bennett & Scott, 1997 ; voir aussi Calame & al., 1985 ; Klein & al., 1989 ; McCormick & al., 1990 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995). De fait, l'ensemble des difficultés cognitives et comportementales relevées de manière récurrente chez les anciens prématurés a naturellement des implications au niveau scolaire.

4.6.1. Principaux résultats

De nombreuses études s'accordent sur le fait que les enfants nés avant terme ont, en dépit de scores d'intelligence dans la normale, davantage de risque de présenter des problèmes scolaires (Saigal & al., 2000 ; Sommerfelt & al., 1993). Ceux-ci prennent différentes formes. Comparés aux témoins nés à terme, les anciens prématurés sont plus nombreux à réaliser des performances scolaires sous la moyenne (Horwood & al., 1998 ; Whitfield & al., 1997 ; Wolke & al., 2004) ou à être catégorisés comme étant « en échec scolaire » (Bennett & Scott, 1997 ; Klebanov & al., 1994), à avoir redoublé une ou plusieurs classes (Hille & al., 1994 ; McCormick & al., 1990 ; Saigal & al., 2000), à bénéficier de mesures de remédiation psychopédagogique à temps partiel ou à temps plein (Bloch Petersen & al., 1990 ; Halsey & al., 1993 ; Michelsson & al., 1984), ou à être orientés vers l'enseignement spécialisé (Stjernqvist & Svenningsen, 1999 ; Taylor & al., 2000). Il semble également qu'ils suivent une scolarité plus courte[28] (Ericson & Källén, 1998).

Selon des études épidémiologiques menées en Allemagne et aux Pays-Bas, 19% à 22% des enfants nés avec un poids très faible sont scolarisés dans des classes spécialisées à l'âge de 8 ou 9 ans, 22% à 26% supplémentaires sont dans une classe inférieure à celle attendue pour leur âge, et 11% à 15% bénéficient de mesures d'aide psychopédagogique (Wolke, 1998). Finalement, un peu moins de la moitié de ces enfants est scolarisée tout à fait normalement, c'est-à-dire dans la classe attendue pour l'âge, sans bénéficier de mesures d'aide (Hille & al., 1994).

4.6.1.1. Des performances inférieures à la moyenne

Lloyd et al. (1988) ont montré que 53% d'un groupe de 45 enfants nés avec un poids très faible évalués entre 5 et 9 ans ont des performances inférieures à la moyenne à l'école, contre 22% des enfants du groupe contrôle. C'est aussi le cas pour 38% d'une cohorte nationale d'enfants nés avant 29 SA, contre 12% du groupe contrôle (Stjernqvist & Svenningsen, 1999). D'autres études ont abouti à des résultats plus « optimistes » : dans celles-ci et relativement aux témoins, la probabilité d'obtenir des résultats scolaires inférieurs

[28] Ericson et Källén (1998) ont évalué 260 garçons nés avec un poids très faible, parmi 150229 nés entre 1973 et 1975, vus à l'âge de 18 ou 19 ans afin de juger de leur aptitude au service national. Les anciens prématurés sont plus nombreux que les témoins à avoir arrêté précocement leurs études (OR = 1,6 ; IC 95% = 1,2 – 2,2).

à la normale est estimée à 1,33 chez les enfants nés avec un très faible poids (Hack & al., 1992), à 2,5 chez les enfants nés avec un poids extrêmement faible (Saigal & al., 1991). Il apparaît encore que 20% à 28% des enfants nés avec un poids extrêmement faible ont des scores inférieurs à deux écart-types sous la moyenne à des tests scolaires, à l'âge de 8 ans (Saigal & al., 1991). Enfin, seulement 25% d'entre eux ont des performances considérées comme satisfaisantes à l'école (Nickel & al., 1982).

Les enfants nés grands prématurés ou avec un poids très faible, bien que relativement peu nombreux, sont ainsi sur-représentés parmi ceux considérés comme étant en échec scolaire (Bennett & Scott, 1997 ; voir aussi Ross, Lipper & Auld, 1991 ; Saigal & al., 1991).

4.6.1.2. Une fréquence plus élevée de redoublements

Certaines études n'ont pas mis en évidence de différence au niveau de la proportion d'enfants ayant déjà redoublé entre des anciens grands prématurés et des témoins nés à terme. C'est le cas de Sizun et al. (1998) qui ont montré que 90% d'un groupe de 50 enfants nés grands prématurés sont scolarisés avec au plus un an de retard à l'âge de 9 ans, ce qui est comparable à la population générale en France. Dans l'étude menée par Stjernqvist et Svenningsen (1999), 8% d'une cohorte nationale de 61 enfants nés avant 29 SA ont déjà redoublé à l'âge de 10 ans, contre 3% du groupe contrôle ; la différence entre les deux groupes n'est pas significative.

A l'inverse, certaines études font état de taux de redoublement supérieurs à 30% chez des enfants nés avec un poids très faible (Hille & al., 1994) ou extrêmement faible (Klebanov & al., 1994), à l'âge de 9 ans. Des adolescents nés avec un poids extrêmement faible sont aussi significativement plus nombreux que les témoins à avoir déjà redoublé (Saigal & al., 2000).

4.6.1.3. Un recours plus fréquent aux mesures de remédiation psychopédagogique et à l'enseignement spécialisé

Une grande partie des enfants nés grands prématurés ou avec un poids très faible bénéficie de mesures de remédiation psychopédagogique ou d'un enseignement spécialisé (Kitchen & al., 1991 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999).

Dans l'étude de D'Angio et al. (2002), 64% d'une cohorte d'enfants nés avant 29 SA bénéficient de mesures d'aide à l'école primaire ; ils sont 50% dans ce cas entre 12 et 15 ans (voir aussi Saigal & al., 2000).

Par ailleurs, Hille et al. (1994) ont montré que, sur une cohorte de 813 enfants nés grands prématurés ou avec un poids très faible évalués à l'âge de 9 ans, 19% sont dans des classes spécialisées. Selon des données fournies par leurs parents, des enfants nés avec un poids extrêmement faible sont trois fois plus nombreux que les témoins à être scolarisés dans des classes adaptées à l'âge de 8 ans (Saigal & al., 1991). L'écart entre les deux groupes se creuse encore à l'adolescence. En outre, les anciens prématurés bénéficient relativement souvent d'un enseignement spécialisé à temps complet, alors que cette assistance n'est que partielle pour l'ensemble des enfants témoins nés à terme (Saigal & al., 2000).

4.6.1.4. Périodes de la vie et catégories d'enfants concernées

Comme les troubles cognitifs dont il a été question précédemment, les problèmes académiques relevés chez certains enfants nés prématurément l'ont parfois été dès les premières années - au jardin d'enfant ou à la maternelle - (Bloch Petersen & al., 1990 ; Doyle & Casalaz, 2001 ; Halsey & al., 1993). Ils sont fréquemment mentionnés à l'âge scolaire (Hille & al., 1994 ; Whitfield & al., 1997), et persistent à l'adolescence (Hunt & al., 1988 ; Saigal & al., 2000). Toutefois, des études récentes suggèrent que deux tiers des adolescents anciens prématurés ne requièrent aucune mesure d'aide éducative, que près des trois quart d'entre eux obtiennent le baccalauréat, et que plus de 40% suivent des études supérieures. Ces données iraient dans le sens d'une amélioration du fonctionnement cognitif avec l'âge chez les individus nés prématurément (Hack & al., 2000 ; Roth, Wyatt, Baudin, Townsend, Rifkin, Rushe, Amiel-Tison & Stewart, 2001 ; Saigal, Stoskopf, Streiner & Burrows, 2001 ; Stewart & al., 1999).

Les problèmes scolaires évoqués sont d'autant plus fréquents que la prématurité est sévère[29] (Bloch Petersen & al., 1990 ; Hack & al., 1994 ; McCormick & al., 1990). Les enfants nés avec un poids extrêmement faible ont des scores inférieurs à ceux des autres groupes distingués en fonction du poids de naissance dans plusieurs domaines scolaires. Ce constat reste valable après contrôle de la durée d'hospitalisation néonatale, du sexe de l'enfant, de l'appartenance ethnique et du niveau d'études de la mère (Klebanov & al., 1994). Néanmoins, les difficultés scolaires concernent également les enfants nés prématurés légers (Huddy & al., 2001) ou avec un faible poids (Klebanov & al., 1994 ; voir aussi Cohen, Parmelee, Sigman & Beckwith, 1988).

4.6.2. Les enfants anciens prématurés plus fréquemment en difficulté d'apprentissage

Les enfants nés prématurément sont aussi plus nombreux à présenter des difficultés d'apprentissage, dans différents domaines (Isaacs & al., 2000 ; Kalmar, 1996 ; Kanazawa & al., 1997 ; Sommerfelt & al., 1993 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995).

4.6.2.1. Définition et opérationnalisation des difficultés d'apprentissage

[29] Certaines études, qui se sont intéressées à des catégories spécifiques d'enfants anciens prématurés, ont cependant abouti à des résultats contraires. Huddy et al. (2001) n'ont pas fait état de différence en fonction de l'âge gestationnel au niveau de la fréquence de problèmes scolaires chez des enfants nés entre 32 et 35 SA. Les enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes ne se différencient pas non plus de ceux nés avec un poids compris entre 750 et 1000 grammes en ce qui concerne leurs performances aux trois épreuves du *Wide Range Achievement Test*, après exclusion des analyses des enfants souffrant de troubles neuro-sensoriels ou présentant un QI inférieur à 85. Lorsque ces derniers sont considérés en revanche, les scores aux épreuves d'efficience scolaire sont d'autant moins élevés que le poids de naissance est faible (Saigal & al., 2000).

L'expression « difficultés d'apprentissage » est un terme générique qui fait référence à un ensemble hétérogène de troubles se manifestant par des problèmes significatifs lors de l'acquisition et de l'utilisation d'habiletés spécifiques ; ceux-ci s'observent notamment dans les domaines du langage, du raisonnement ou des mathématiques. Les enfants dits en difficulté d'apprentissage se caractérisent par une moindre réussite aux épreuves scolaires, alors qu'ils obtiennent des scores de QI dans la moyenne ou supérieurs à la moyenne (Kanazawa & al., 1997).

De telles difficultés sont généralement appréhendées par le biais du *Wide Range Achievement Test-Revised* (WRAT-R) qui permet d'évaluer certaines habiletés scolaires, en l'occurrence celles impliquées dans la lecture, l'orthographe et les mathématiques. Plusieurs auteurs estiment qu'un enfant est en difficulté d'apprentissage lorsque l'un des trois scores obtenus au WRAT-R est inférieur de 22 points ou plus par rapport au QI total obtenu au WISC-R[30] (Hunt & al., 1988). Pour d'autres, un enfant est considéré comme en difficulté d'apprentissage lorsqu'il présente un score de QI supérieur ou égal à 80, associé à au moins un score inférieur ou égal au vingt-cinquième percentile au WRAT-R (Ross & al., 1996). Dans les deux cas, les difficultés d'apprentissage peuvent ensuite être catégorisées sur la base des scores obtenus dans les domaines évalués par le WRAT-R (Harnadek & Rourke, 1994 ; Whitfield & al., 1997).

Les dissociations – *i.e.,* les différences significatives - entre les scores aux échelles des batteries d'intelligence sont également considérées comme le signe de problèmes d'apprentissage. Celles-ci sont plus fréquentes chez les enfants nés prématurément que chez les témoins (Ornstein & al., 1991). Des différences supérieures à 15 points entre les échelles Verbale et Performance du WISC sont observées dans 24% d'une cohorte d'enfants nés avec un très faible poids et testés à 8 ans, et dans moins de 5% de la population ayant servi à l'étalonnage (Hunt & al., 1988). De la même manière, Lefebvre, Bard, Veilleux et Martel (1988) montrent que 21 enfants nés avec un poids extrêmement faible sur 37 évalués, soit 57%, obtiennent des scores significativement plus faibles à l'échelle Verbale du WISC qu'à l'échelle Performance.

Enfin, d'autres auteurs utilisent des questionnaires destinés aux parents, qui permettent d'identifier la présence de difficultés d'apprentissage verbales et non-verbales. On peut ici citer la *Pupil Rating Scale*, employée en particulier par Kanazawa et al. (1997). Selon ces auteurs et par le biais de cet instrument, 9 enfants sur 33 nés avec un poids extrêmement faible sont considérés par leurs mères comme étant en difficulté d'apprentissage entre 6 et 8 ans.

4.6.2.2. Domaines concernés

Les enfants anciens prématurés se caractérisent par une très grande variabilité interindividuelle au niveau des problèmes qu'ils peuvent rencontrer à l'école. Ainsi, il semble bien qu'il n'existe pas de pattern particulier de déficits (Klein & al., 1989 ; Marlow & al., 1993). Néanmoins, les principales difficultés ont été observées dans les trois domaines appréhendés par le WRAT-R, à savoir : en mathématiques (Taylor & al., 1998), en lecture et en orthographe (Huddy & al., 2001 ; Saigal & al., 2000).

---

[30] Sur la base de ce critère, 17% d'une cohorte d'enfants nés avec un très faible poids présentent des difficultés d'apprentissage à l'âge de 8 ans, 15% à 11 ans (Hunt & al., 1988).

Marlow et al. (1993) ont évalué 51 enfants nés avec un poids inférieur ou égal à 1250 grammes - tous indemnes d'infirmité motrice cérébrale ou de trouble sensoriel - en comparaison avec des témoins, à l'âge de 8 ans. Les enfants du groupe expérimental réalisent des performances plus faibles que ceux du groupe contrôle à tous les tests scolaires. C'est notamment le cas en mathématiques, en orthographe et en lecture, où les anciens prématurés sont trois fois plus nombreux que les témoins à avoir des scores inférieurs au dixième percentile. Quarante-huit pour cent des enfants nés avec un très faible poids, contre 19% des témoins, ont des problèmes dans une matière au moins. Dix-huit pour cent des enfants anciens prématurés ont des problèmes dans deux matières, et 12% dans ces trois matières. De la même manière, Grunau et al. (2002) ont comparé les performances scolaires de 74 enfants nés avec un poids extrêmement faible - indemnes de séquelle neurologique et présentant un QI Verbal ou un QI Performance supérieur à 84 - à 30 témoins nés à terme appariés sur le statut socio-démographique. Soixante-cinq pour cent du groupe expérimental d'enfants anciens prématurés, contre 13% du groupe contrôle, présentent des difficultés d'apprentissage dans un domaine ou plus. Trente pour cent des anciens prématurés *vs* 7% des témoins ont des difficultés en arithmétique, 23% *vs* 7% en lecture, et 54% *vs* 7% en orthographe. Toutes ces différences sont significatives, hormis celle relative aux performances des deux groupes en lecture, qui tend vers la significativité. Sur les 48 enfants anciens prématurés en difficulté d'apprentissage dans au moins un domaine, les difficultés sont les plus fréquentes en orthographe, puis en arithmétique et enfin en lecture. Enfin, 30% des enfants du groupe expérimental ont des difficultés d'apprentissage dans plus d'un domaine (et 19% dans les trois matières appréhendées), contre un enfant seulement sur les 30 nés à terme. Par ailleurs, il semble que les difficultés d'apprentissage, et plus précisément les facteurs en cause dans leur apparition, sont plus « complexes » chez les enfants nés avec un poids extrêmement faible que chez les témoins (Grunau & al., 2002).

Ces difficultés se retrouvent à l'adolescence. Des différences de 8 à 11 points en défaveur des anciens prématurés ont été relevées aux trois tests du WRAT-R entre 85 adolescents nés avec un poids extrêmement faible et 113 témoins nés à terme, tous indemnes de trouble neuro-sensoriel et présentant un QI supérieur à 84, évalués entre 12 et 16 ans (Saigal & al., 2000).

Des problèmes ont été relevés dans d'autres matières. Sur une cohorte de 176 enfants nés prématurés légers, 31% des enfants ont des difficultés au niveau des habiletés motrices fines, 19% en expression orale, et 12% en éducation physique (Huddy & al., 2001).

4.6.3. Variables associées à la survenue de problèmes d'ordre scolaire

Plusieurs variables, bio-médicales ou socio-environnementales, influent sur la probabilité d'apparition des difficultés observées à l'école chez les enfants anciens prématurés.

Parmi les premières, le sexe masculin[31] (Hille & al., 1994 ; Klebanov & al, 1994 ; McCormick & al., 1990 ; Sommerfelt & al., 1993 ; Wolke & al., 2004), le caractère hypotrophe à la naissance (Kok & al., 1998) et celui multipare de la grossesse (Huddy & al.,

[31] Hille et al. (1994) se sont intéressés aux performances scolaires d'une cohorte de 813 enfants nés grands prématurés ou avec un très faible poids. Ils montrent que les garçons sont deux fois plus nombreux que les filles à profiter d'un enseignement spécialisé à l'âge de 9 ans.

2001) augmentent le risque pour un enfant de rencontrer des problèmes au cours de sa scolarité. Marlow et al. (1993) montrent également que les enfants nés avec un poids très faible qui réussissent moins bien à l'école sont moins nombreux à avoir bénéficié d'une corticothérapie anténatale, comparés à ceux ayant obtenu des scores dans la normale dans deux ou trois des matières évaluées par le WRAT-R.

Par ailleurs, plusieurs facteurs socio-environnementaux ont une influence à ce niveau. C'est le cas du statut socio-économique de la famille[32] (D'Angio & al., 2002 ; Hille & al., 1994 ; Marlow & al., 1993 ; Vohr & Garcia Coll, 1985), des origines ethniques (Cohen, Parmelee, Beckwith & Sigman, 1986 ; D'Angio & al., 2002 ; Klebanov & al., 1994) et du niveau d'études de la mère (McCormick & al., 1990), entre autres.

En dépit de l'influence d'un certain nombre de variables, le caractère prématuré de la naissance augmente le risque pour un enfant de présenter des difficultés d'apprentissage et, par là, de se trouver en échec scolaire (Bennett & Scott, 1997 ; Marlow & al., 1993 ; McCormick & al., 1990 ; Sommerfelt & al., 1993). Par exemple, des différences significatives ont été observées entre des enfants nés avec un poids très faible et des témoins après appariement sur l'âge de la mère, le statut des parents, l'appartenance ethnique et le niveau d'études de la mère (Hack & al., 1992 ; voir aussi Horwood & al., 1998). La moitié des enfants nés avec un poids extrêmement faible bénéficie de mesures d'aide rééducative, y compris ceux issus des classes sociales supérieures (Halsey, Collin & Anderson, 1996).

4.6.4. Tentatives de prédiction des difficultés d'apprentissage à l'âge scolaire

La fréquence des problèmes d'ordre scolaire chez les enfants nés avant terme rend primordiale l'identification, le cas échéant, des variables prédictives du niveau de fonctionnement à l'âge scolaire (Rieck & al., 1996). Réalisée de façon précoce et précise, celle-ci pourrait en effet permettre la mise en place de mesures de remédiation psychopédagogique (Knoches & Doyle, 1993), qui sont indispensables (Marlow & al., 1993). Plusieurs recherches ont visé cet objectif. Cohen et al. (1988) ont identifié, parmi les variables qui pourraient augurer de difficultés d'apprentissage : la quantité de sommeil actif à l'âge du terme, comme par ailleurs les mesures d'efficience intellectuelle, de compréhension verbale et les capacités symboliques non-verbales au cours de la deuxième année. Les résultats d'autres études suggèrent qu'il est possible d'identifier, à l'âge préscolaire, les enfants susceptibles de présenter des problèmes ultérieurs à l'école (Hille & al., 1994 ; Michelsson & al., 1984). En revanche, certains auteurs soulignent qu'il n'existe pas de consensus quant aux facteurs prédictifs des difficultés d'apprentissage chez les enfants nés avant terme d'intelligence normale. Pour d'autres encore, le niveau d'efficience cognitive à l'âge scolaire ne peut être prédit sur la base d'évaluations réalisées au cours des premières années (voir en particulier Hoekstra & al., 2004).

---

[32] Dans l'étude de Hille et al. (1994), 7% des enfants nés grands prématurés ou avec un très faible poids provenant de familles de niveau socio-économique élevé sont scolarisés dans des classes spécialisées à l'âge de 9 ans, contre 35% des enfants de familles de bas niveau socio-économique.

Certains comportements ou certaines performances observés au cours des premières années de vie pourraient constituer les signes précurseurs de difficultés d'apprentissage. Pour autant, l'existence de variables parasites, aussi nombreuses que diverses, rend très hasardeuse toute tentative de prédiction de la qualité du développement – notamment cognitif - des enfants nés prématurément.

5. Principales variables influençant le développement des enfants anciens prématurés

La prématurité et le faible poids à la naissance ont une influence sur divers aspects du fonctionnement cognitif chez les enfants d'âges préscolaire et scolaire. Toutefois et comme cela a été évoqué à maintes reprises, de nombreuses variables peuvent modifier les relations entre le statut de l'enfant à la naissance et son développement à long terme (Brazy & al., 1991).

Ces variables sont soit relatives à l'enfant, soit à son environnement. Les premières regroupent des facteurs psychologiques, biologiques et médicaux – ou bio-médicaux -. Les secondes renvoient à des aspects « distaux » de l'environnement (caractéristiques culturelles, socio-économiques et familiales notamment), ainsi qu'à des variables qualifiées de « proximales », qui concernent essentiellement la qualité de l'environnement familial et les relations intra-familiales. **Les facteurs psychologiques ne seront pas abordés dans ce travail. Cela ne signifie pas que nous pensons qu'ils n'interviennent pas dans la genèse des troubles observés chez certains enfants nés avant terme. Bien au contraire, leur rôle est crucial dans le développement de l'enfant. Néanmoins, compte tenu de la complexité et du caractère « inextricable » de leurs effets, nous renvoyons le lecteur aux travaux – peu nombreux (Botting & al., 1997) - consacrés à ce thème (voir notamment Sibertin-Blanc & al., 2001 ; Tchénio, 1998).**

Ces variables ont une influence plus ou moins importante selon l'âge de l'enfant, comme par ailleurs en fonction des aspects du fonctionnement cognitif qui sont appréhendés. Pour ce qui rend les choses plus confuses encore, ces différentes variables interagissent entre elles de façon complexe (voir notamment Kalmar, 1996 ; Lagerström & al., 1994 ; Robson & Cline, 1998 ; Weisglas-Kuperus & al., 1993), pour aboutir à des situations très hétérogènes.

Avant d'évoquer les principales variables en jeu dans le développement des enfants nés avant terme – il est impossible d'en faire un inventaire exhaustif -, il faut ajouter qu'aucune d'entre elles ne peut être considérée comme seule responsable des troubles du développement susceptibles d'apparaître au cours de l'enfance. Ce sont les effets cumulés de différents facteurs de risque, généraux ou plus spécifiques, qui augmentent la probabilité pour un enfant de connaître de telles difficultés (Aylward, 1992).

5.1. Principales variables bio-médicales influençant le développement des enfants nés prématurément

Une variable biologique classiquement considérée dans les études sur le développement des enfants nés prématurément est le sexe. Que ce soit au niveau de la mortalité et de la morbidité néonatales ou à plus long terme, comme au niveau de la qualité de la récupération après une atteinte cérébrale, les garçons semblent plus « fragiles » que les filles.

5.1.1. Le sexe

Le sexe masculin a un effet néfaste sur la survie et la morbidité à court et à long terme des enfants nés prématurément. La Pine et al. (1995) ont comparé les taux de mortalité et de morbidité neuro-développementale dans trois cohortes successives d'enfants nés entre 1977 et 1990 avec un poids inférieur à 800 grammes. Chez ces enfants, les filles présentent un taux de survie plus élevé et un taux plus faible de morbidité (voir aussi Stevenson & al., 2000). En particulier, les garçons ont davantage de risque de présenter une infirmité motrice cérébrale (Lauterbach & al., 2001).

Plusieurs auteurs font ainsi état de différences liées au sexe quant à la vulnérabilité face aux facteurs de risque périnataux (Lagerström & al., 1994). D'un point de vue physiologique, cela pourrait en partie s'expliquer par un décalage d'une semaine à deux semaines et demi au niveau de la maturation pulmonaire (Catlin, Powell, Manganaro, Hudson, Ragin, Epstein & Donahoe, 1990) et cérébrale (Geschwind & Galaburda, 1985 ; Taylor, 1969, cités par Lauterbach & al., 2001). Le fait que cette dernière soit plus lente chez les garçons expliquerait leur moins bonne récupération fonctionnelle suite à une atteinte cérébrale précoce (Raz, Lauterbach, Hopkins, Glogowski, Porter, Riggs & Sander, 1995). Ainsi, la survenue d'un syndrome de détresse respiratoire au cours de la période néonatale a un effet plus délétère au niveau du développement cognitif chez les garçons, à l'âge préscolaire (Lauterbach & al., 2001). Des différences morphologiques et structurelles relatives aux cerveaux des garçons et des filles pourraient également expliquer les écarts liés au sexe au niveau des taux de troubles cognitifs rapportés. Parmi les enfants anciens prématurés en effet, les garçons ont des performances cognitives souvent inférieures à celles des filles (Bloch Petersen & al., 1990 ; Huddy & al., 2001 ; Korkman & al., 1996 ; Yliherva & al., 2001), même si toutes les études ne sont pas arrivées à des conclusions identiques (Hutton & al., 1997 ; Saigal & al., 1991 ; Taylor & al., 2000). Ils sont aussi plus nombreux à présenter des problèmes de comportement à l'âge scolaire (Klebanov & al., 1994 ; Pharoah & al., 1994 ; Sommerfelt & al., 1993).

Une autre variable bio-médicale souvent prise en compte dans les études relatives au devenir des enfants nés prématurés est le caractère hypotrophe à la naissance, signe d'un retard de croissance intra-utérin[33].

---

[33] Le fait pour un enfant de souffrir d'un retard de croissance intra-utérin peut s'expliquer par une anomalie inhérente au fœtus lui-même – qui peut être une anomalie chromosomique ou congénitale -, ou être le résultat d'une pathologie maternelle ou placentaire (Hutton & al., 1997). Il faut encore ajouter qu'une grande proportion

5.1.2. Le caractère hypotrophe à la naissance

L'hypotrophie à la naissance a un impact négatif sur la survie néonatale et à plus long terme (Kok & al., 1998). Elle est aussi considérée comme un facteur de risque de troubles du développement à plus ou moins long terme (Kanazawa & al., 1997), qui amplifie les effets d'une naissance prématurée (McCormick & al., 1990 ; Sansavini & al., 1996). En effet, le retard (ou défaut) de croissance intra-utérin est souvent associé à une hypoxie (Kok & al., 1998) et/ou à une déficience nutritionnelle au cours de la vie fœtale (Korkman & al., 1996). Ces facteurs sont sources de complications particulières ; ils peuvent expliquer, en partie au moins, certaines des difficultés rencontrées par les enfants nés hypotrophes dans la sphère cognitive (Korkman & al., 1996).

Les lésions cérébrales observées chez un certain nombre d'enfants nés hypotrophes diffèrent de celles que peuvent présenter les enfants nés avec un poids approprié compte tenu de la durée de la gestation (Kok & al., 1998). Chez les premiers, l'atteinte cérébrale serait plus diffuse. En conséquence, les enfants nés hypotrophes présenteraient à l'âge scolaire davantage de troubles neurologiques ou cognitifs mineurs. Ils seraient plus nombreux à souffrir de maladresse motrice (Kok & al., 1998) ou d'un syndrome hyperkinétique (Korkman & al., 1996). De fait, chez des enfants nés avec un poids très faible, ceux nés hypotrophes sont plus nombreux que ceux nés eutrophiques à être considérés comme hyperactifs par leurs enseignants à l'âge de 8 ans (Robertson & al., 1990). Une autre conséquence présumée des dysfonctionnements cérébraux associés au retard de croissance intra-utérin est l'apparition au cours du développement de troubles de l'attention (Levy-Shiff, Einat, Har-Even, Mogilner, Mogilner, Lerman & Krikler, 1994 ; Mutch & al., 1993 ; voir aussi Hawdon, Hey, Kolvin & Fundudis, 1990 ; Hille & al., 1994 ; Walther, 1988). Robson et Cline (1998) montrent que, chez des enfants nés avec un faible poids, ceux ayant présenté un retard de croissance intra-utérin ont des scores plus faibles à 6 ans au *Continuous Performance Task*, qui évalue les capacités d'attention soutenue et l'aptitude à inhiber des réponses « impulsives » face à un stimulus visuel. Le caractère hypotrophe à la naissance a également un effet négatif sur plusieurs habiletés langagières (Kok & al., 1998), et notamment sur la perception de la parole et la compréhension de concepts linguistiques (Yliherva & al., 2001). Il est aussi associé à de plus faibles scores aux tests de lecture (Hughes & al., 1999). De façon plus générale et toujours comparés aux enfants nés eutrophiques, ceux nés hypotrophes ont, à l'âge scolaire, des scores plus faibles aux échelles des batteries d'intelligence (Hutton & al., 1997 ; Kalmar, 1996 ; Kanazawa & al., 1997). Chez ces enfants, le redoublement est aussi plus fréquent. A l'âge de 9 ans et après exclusion des enfants qui présentaient un handicap à 5 ans, 34% des enfants nés hypotrophes étaient scolarisés dans la classe attendue pour leur âge, contre 46% du groupe des enfants nés eutrophiques (Kok & al., 1998).

De fait, les enfants nés prématurément ayant présenté un retard de croissance intra-utérin sont souvent considérés comme étant « en double danger » (*at double jeopardy* selon Sansavini & al., 1996). Cependant, les effets relatifs de la durée de la grossesse, du poids à la naissance et du caractère hypotrophe à la naissance sur le développement des enfants nés très prématurés restent controversés (Hutton & al., 1997). En outre, certains auteurs n'ont pas fait état de différence significative au niveau des performances à des épreuves d'intelligence chez

---

des enfants nés avec un très faible poids sont hypotrophes à la naissance, et qu'il manque de données précises concernant leur devenir à long terme (Kok & al., 1998).

des enfants anciens prématurés, selon qu'ils étaient nés ou non hypotrophes, et ce, à l'âge préscolaire ou scolaire (Kitchen & al., 1987 ; Robertson & al., 1990).

Robson et Cline (1998) ont évalué des enfants nés avec un faible poids à près de 6 ans. Selon les auteurs, l'absence de différence entre les enfants nés hypotrophes et ceux eutrophiques à la naissance au niveau des scores aux échelles de la McCarthy est en accord avec les résultats d'autres études. Ceux-ci tendraient à montrer que les enfants nés hypotrophes ont davantage de risque de présenter des problèmes spécifiques d'attention au cours de l'enfance, plutôt que des déficits cognitifs globaux (Robson & Cline, 1998 ; voir aussi Hawdon & al., 1990). Ces enfants semblent également connaître des difficultés plus marquées au niveau visuo-moteur, plutôt que dans les épreuves verbales (Francis-Williams & Davies, 1974 ; Hutton & al., 1997). Cependant, toutes les études n'ont pas abouti aux mêmes résultats (Kanazawa & al., 1997)[34].

5.1.3. Le périmètre crânien

Comme l'est la croissance pondérale au cours de la vie fœtale, le périmètre crânien mesuré dans les premiers mois de vie est associé aux performances cognitives au cours de l'enfance. Hack et Breslau (1986) ont évalué 139 enfants nés eutrophiques avec un poids très faible à l'âge de 3 ans. Ils ont observé une différence de 10 points de QI entre les enfants dont le périmètre crânien était inférieur à la normale à 8 mois d'âge corrigé et ceux dont les mesures étaient dans les normes, et ce, après ajustement sur l'appartenance ethnique et la classe sociale. D'autres auteurs ont fait état d'une corrélation significative, et relativement forte ($r = 0.48$; $p < 0.001$), entre le périmètre crânien et les scores obtenus à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC – qui donne une estimation du niveau de fonctionnement intellectuel - chez des enfants nés à terme *vs* avec un poids extrêmement faible évalués à l'âge de 6 ans (Teplin & al., 1991). Cooke et Foulder-Hughes (2003) ont également montré, chez des enfants nés grands prématurés, qu'un défaut de croissance postnatale – on parle également de « retard de croissance extra-utérin » -, notamment du périmètre crânien, est associée à de plus grandes difficultés motrices et cognitives à l'âge de 7 ans.

Ainsi, une croissance harmonieuse du périmètre crânien au cours des mois suivant la naissance semble être un indicateur d'un meilleur développement neurologique (Stjernqvist & Svenningsen, 1995). Cela pourrait s'expliquer en tant que des lésions cérébrales peuvent avoir

---

[34] Francis-Williams et Davies (1974) ont comparé les scores aux échelles du WISC d'enfants nés avec un poids très faible, parmi lesquels 33 enfants étaient nés hypotrophes et 72 eutrophiques. Ils font état d'une différence de près de 9 points en défaveur du groupe des enfants nés hypotrophes à l'échelle Performance, et de 3,5 points seulement à l'échelle Verbale. De la même manière, le rapport entre le poids à la naissance et le poids normalement attendu compte tenu de la durée de la gestation est associé de façon relativement marginale au QI Verbal du WISC dans une cohorte d'enfants nés grands prématurés. A l'inverse, ce rapport est hautement corrélé avec le QI Performance ; il explique plus de 7% de la variance des scores des enfants à cette échelle (Hutton & al., 1997). Les auteurs font également état d'une corrélation significative entre le rapport entre le poids à la naissance et celui attendu et les scores des enfants au TOMI qui évalue les habiletés motrices ; en revanche, ce même rapport n'entretient pas de lien avec les performances en lecture et en compréhension de textes (Hutton & al., 1997). Certains auteurs ont toutefois abouti à des résultats « contraires ». Kanazawa et al. (1997) ont fait état de différences significatives – ou tendant vers la significativité - entre les scores d'enfants nés avec un poids extrêmement faible aux échelles Verbale et Totale du WISC, selon qu'ils étaient nés ou non hypotrophes. En revanche, la différence entre les scores moyens des deux groupes à l'échelle Performance, bien que toujours en défaveur des enfants nés avec un faible poids compte tenu de l'âge gestationnel, n'est pas significative.

un impact sur la taille du cerveau, et, par là, sur le périmètre crânien. C'est notamment le cas de l'hémorragie intracrânienne ou de la leucomalacie périventriculaire, qui peuvent entraîner un ralentissement de la croissance de la substance blanche et de la substance grise, et finalement aboutir à un plus petit volume cérébral (Peterson & al., 2000).

5.1.4. Les complications survenant durant la grossesse ou pendant la période néonatale

Les complications survenues pendant la grossesse ont une influence sur les performances cognitives des enfants anciens prématurés d'âge scolaire. C'est aussi le cas des problèmes médicaux apparus au cours de la période néonatale[35] (Gutbrod, Wolke, Soehne, Ohrt & Riegel, 2000 ; voir aussi Robson & Cline, 1998).

Brazy et al. (1991) ont conçu un « score de risque neuro-biologique » (*Neurobiologic Risk Score* ou NBRS), basé sur les mécanismes susceptibles de provoquer des anomalies au niveau cérébral. Celui-ci est déterminé à l'âge de 2 semaines et à la sortie de l'enfant de l'unité de Soins Intensifs. Les auteurs ont ensuite étudié les corrélations entre ce score et le développement d'enfants nés avec un poids très faible aux âgés corrigés de 6, 15 et 24 mois. Chez les 58 enfants évalués et à tous les âges, le score NBRS est corrélé de façon significative aux performances aux échelles de Bayley, et plus précisément à l'Indice de Développement Mental et à l'Indice de Développement Psychomoteur ; il est également associé à l'observation d'anomalies lors de l'examen neurologique. Bien que 12 des 13 items composant ce score corrèlent de façon individuelle avec une ou plusieurs de ces mesures, 7 items rendent compte de la majeure partie de la variance expliquée : la survenue d'une infection, de convulsions, le pH sanguin, le fait pour un enfant de présenter une hémorragie intraventriculaire ou une leucomalacie périventriculaire, de bénéficier de ventilation assistée, et l'hypoglycémie. La survenue d'une hémorragie intraventriculaire est l'item le plus fortement associé à l'Indice de Développement Mental à 24 mois ; le pH sanguin est l'item le plus important pour la prédiction de l'Indice de Développement Psychomoteur, et ce, à tous les âges considérés. De la même manière, Taylor et al. (1998) ont montré que la variable permettant la meilleure prédiction du « devenir » d'enfants nés avec un poids très faible évalués entre 5 et 9 ans est un indice composite relatif aux facteurs de risque néonataux. Les enfants considérés comme à « haut risque néonatal » ont, comparés à ceux considérés comme à faible risque, davantage de problèmes développementaux[36]. Les complications néonatales corrélées au fonctionnement de ces enfants sont : les anomalies cérébrales sévères visibles à l'échographie, la pathologie pulmonaire chronique – définie par une oxygénodépendance persistante à 36 semaines d'âge post-conceptionnel - (voir aussi D'Angio & al., 2002 ; Hughes & al., 1999), la septicémie, l'entéro-colite nécrosante et la survenue d'apnées. Les traitements qui permettraient de prévenir ou de réduire ces complications devraient donc avoir un impact positif sur le développement ultérieur des enfants (Taylor & al., 1998).

---

[35] Il existe davantage de désaccords concernant l'influence des complications survenues lors de la naissance. Contrairement à ce qu'ont observé Gutbrod et al. (2000), d'autres auteurs ont montré que le fait qu'une naissance ait nécessité une intervention a un effet néfaste sur les performances cognitives à l'âge scolaire (Huddy & al., 2001).

[36] Les premiers sont significativement plus nombreux à avoir des performances cognitives inférieures à la normale, à éprouver des difficultés sur le plan perceptif ou moteur, à avoir de faibles scores en lecture et en mathématiques, à présenter des problèmes de comportement, et enfin à être orientés vers l'éducation spécialisée (Taylor & al., 1998).

Par ailleurs, les problèmes médicaux survenus après le retour de l'enfant au domicile familial pourraient avoir un rôle aussi important sur le développement que les complications apparues lors du séjour de l'enfant en unité de soins intensifs et les éventuelles interventions qu'il a pu subir (Kaplan & Mayes, 1997).

5.1.5. Les anomalies cérébrales

Nous avons abordé précédemment le rôle des lésions cérébrales dans la survenue de troubles développementaux chez les enfants anciens prématurés, troubles qui peuvent être « majeurs » dans le cas de lésions sévères, ou « mineurs ».

De fait, plusieurs auteurs ont fait état de corrélations significatives entre l'observation d'atteintes cérébrales à l'échographie et la survenue de troubles cognitifs au cours de l'enfance (Costello, Hamilton, Baudin, Townsend, Bradford, Stewart & Reynolds, 1988 ; D'Angio & al., 2002 ; Guzzetta, Shackelford, Volpe, Perlman & Volpe, 1986 ; Roth & al., 1993 ; Stewart, Reynolds, Hope, Hamilton, Baudin, Costello, Bradford & Wyatt, 1987). En revanche, l'obtention de résultats normaux à l'échographie cérébrale est associée à un développement neurologique plus favorable. Hoekstra et al. (2004) ont suivi 675 enfants nés entre 23 et 26 SA jusqu'à l'âge de 4 ans en moyenne. Soixante-treize pour cent des enfants dont les échographies cérébrales étaient normales sont considérés comme normaux d'un point de vue développemental, alors que 12% présentent des troubles sévères. A l'inverse, seuls 27% des enfants qui présentaient une hémorragie intraventriculaire de grade 3 ou de grade 4 ou une leucomalacie périventriculaire étaient considérés comme normaux à 4 ans, tandis que 52% présentaient un trouble majeur.

Pour ce qui va dans le sens des conclusions des études qui viennent d'être rapportées, Stewart et al. (1999) ont fait passer une IRM à 72 adolescents nés avant 33 SA et 21 témoins nés à terme, appariés sur l'âge. Les images obtenues ont été classées en normales, équivoques ou anormales. Ces sujets ont aussi répondu à différentes épreuves cognitives et comportementales. Les résultats de l'IRM sont corrélés aux compétences sociales et aux performances scolaires des adolescents, ainsi qu'aux évaluations faites par leurs parents relatives au comportement ; en revanche, ils ne sont pas associés à leurs performances en lecture (Stewart & al., 1999).

Toutefois, d'autres auteurs soulignent que les troubles mineurs – et notamment la maladresse motrice et les difficultés d'apprentissage - associés à une naissance avant terme sont beaucoup moins corrélés à l'observation d'anomalies cérébrales que ne le sont les séquelles majeures, telles que l'infirmité motrice cérébrale par exemple (Cooke, 1987 ; Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Levene, Dowling, Graham, Fogelman & Galton, 1992). Ainsi, d'après une étude par IRM, 32% d'une cohorte d'enfants anciens prématurés présentent une leucomalacie périventriculaire à l'âge de 8 ans. Toutefois, ce pourcentage ne diffère pas selon que les enfants souffrent d'un trouble moteur mineur ou qu'ils sont considérés comme cliniquement normaux (Olsén, Paakko, Vainionpaa, Pyhtinen & Jarvelin, 1997). Chez des adolescents nés avec un très faible poids, Cooke et Abernethy (1999) n'ont pas non plus mis en évidence de relation entre les résultats des scanners réalisés entre 15 et 17 ans et le QI, les scores au *Movement ABC* et la présence d'un déficit d'attention à 13 ans. Ces différentes

études suggèrent que des facteurs autres que ceux relatifs aux dysfonctionnements cérébraux fréquemment évoqués sont en cause dans l'apparition des problèmes observés de façon récurrente chez les anciens prématurés. Pour Cooke et Abernethy (1999), l'apport nutritionnel inadéquat entre la naissance et l'âge du terme théorique – période cruciale du point de vue du développement cérébral - serait en cause, et ce, du fait de l'état de santé des enfants et de leur faible tolérance alimentaire. En d'autres termes et pour les auteurs, les difficultés rencontrées par un certain nombre d'enfants anciens prématurés à l'âge scolaire ne seraient pas le résultat d'atteintes cérébrales périnatales ; elles seraient liées à une croissance insuffisante au cours de la période postnatale, *i.e.*, au retard de croissance extra-utérin. Pour Krägeloh-Mann et al. (1999) enfin, les troubles moteurs et les difficultés langagières associés à une naissance avant terme ne sont pas corrélés à l'observation d'anomalies à l'IRM (voir aussi Olsén & al., 1997) ; en revanche, l'hyperactivité et les déficits d'attention le seraient.

L'ensemble de ces études laisse à penser que certaines séquelles mineures de la prématurité ne sont que faiblement associées à la présence d'anomalies cérébrales visibles à l'échographie ou par IRM. Ce serait en particulier le cas des troubles moteurs légers (Cooke, 1987 ; Cooke & Abernethy, 1999 ; Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Levene & al., 1992 ; Olsén & al., 1997) et des difficultés rencontrées par les anciens prématurés dans le domaine verbal (Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Stewart & al., 1999). A l'inverse, certains problèmes fréquemment relevés chez les enfants et adolescents nés prématurément sont corrélés plus fortement à l'observation de dysfonctionnements cérébraux. Ce serait le cas des troubles du comportement, et en particulier de l'hyperactivité et des déficits d'attention (Krägeloh-Mann & al., 1999 ; Stewart & al., 1999). Cooke et Abernethy (1999) ont cependant abouti à des résultats contraires.

Pour terminer sur ce point, il faut ajouter que d'autres facteurs influent sur le développement des enfants anciens prématurés, comme par ailleurs sur la mortalité périnatale. C'est en particulier le cas de l'organisation des soins et des pratiques médicales (Bréart, 2001), comme par exemple celles relatives aux transferts *in utero*, aux décisions de prise en charge (Sibertin-Blanc & al., 2001), à l'administration de corticoïdes ou de surfactant notamment.

Si les variables bio-médicales dont il vient d'être question ont un certain pouvoir prédictif quant à la qualité du développement cognitif des enfants nés prématurés au cours des premières années de vie (Rose, Feldman, Wallace & McCarton, 1991 ; Taylor & al., 1998), en revanche, les résultats des tentatives de prédiction à plus long terme sur la base des indices relatifs aux facteurs de risque périnataux ne sont pas très encourageants (Kalmar, 1996). Les expériences vécues par l'enfant dans son environnement peuvent réduire ou amplifier les éventuels troubles développementaux associés à la prématurité ou à d'autres facteurs de risque périnataux (Halsey & al., 1993 ; Sansavini & al., 1996).

5.2. Principales variables socio-environnementales influençant le développement des enfants nés prématurément

Sauf en ce qui concerne les enfants nés aux termes les plus extrêmes ou ceux atteints de troubles neurologiques sévères, les facteurs sociaux sont généralement considérés comme les déterminants les plus sûrs du développement à long terme des enfants nés prématurés (Hack & al., 1992 ; Sameroff, Seifer, Baldwin & Baldwin, 1993). De fait, la majorité des études relatives aux conséquences d'une naissance avant terme incluent au moins une mesure d'un aspect de l'environnement. D'après la méta-analyse réalisée par Aylward et al. (1989), les variables les plus fréquemment considérées sont : l'index *Hollingshead* ou d'autres types d'indicateurs du statut socio-économique, le niveau d'études de la mère et celui du père. Ces différentes mesures représentent des aspects « distaux » de l'environnement.

5.2.1. Variables environnementales « distales »

Les variables environnementales dites « distales » font référence, comme cela a été mentionné, à des facteurs relatifs aux origines socio-économiques et culturelles, ainsi qu'à d'autres caractéristiques familiales. Parmi celles-ci, le niveau socio-économique de la famille a l'avantage de constituer un facteur relativement stable (Aylward, 1992) et d'opérationnalisation plutôt aisée. Cela explique sans doute pourquoi il est l'une des variables socio-environnementales les plus souvent considérées dans les études relatives au devenir des enfants nés avant terme.

5.2.1.1. Le niveau socio-économique de la famille

Nombre d'auteurs ont fait état d'une influence significative du statut socio-économique de la famille sur le fonctionnement cognitif et les performances scolaires d'enfants anciens prématurés (D'Angio & al., 2002 ; Hille & al., 1994 ; McCormick & al., 1990 ; Sommerfelt & al., 1993), mais pas tous (Huddy & al., 2001). Pour certains, cet indicateur aurait une influence plus forte sur le développement de ces enfants que les variables périnatales (Sameroff & Chandler, 1975, cités par Halsey & al., 1993). En tout état de cause, le niveau socio-économique de la famille a le pouvoir d'amender, ou au contraire d'amplifier, les déficits intellectuels associés à une naissance avant terme (Halsey & al., 1993).

Pour autant, le niveau socio-économique de la famille ne constitue pas un indicateur suffisamment bon des possibilités d'apprentissage offertes par l'environnement familial de l'enfant (Aylward, 1990, cité par Kalmar, 1996 ; Kopp, 1990). La prise en compte d'autres mesures de l'environnement, multiples et surtout plus spécifiques, permet d'augmenter significativement le pourcentage de variance expliquée par rapport à celui dont rend compte le niveau socio-économique (Aylward, 1992). Parmi ces facteurs, il faut citer le niveau d'études et / ou la profession des parents, les origines culturelles, la structure et la taille de la famille, entre autres, ainsi que d'autres variables plus « proximales ».

5.2.1.2. Le niveau d'études de la mère

Le niveau d'études de la mère, et de façon plus générale celui des parents, influe de façon importante sur les performances cognitives des enfants nés prématurément (McCormick & al., 1990 ; Robertson & al., 1990). La durée de la scolarité de la mère a un effet significatif sur les scores aux trois échelles du WISC-R et sur les habiletés verbales (Hughes & al., 1999). Elle a également une influence sur les capacités d'attention, sur la probabilité de présenter des problèmes comportementaux, et sur les compétences sociales des enfants (Klebanov & al., 1994).

5.2.1.3. L'appartenance ethnique de la famille

L'appartenance ethnique de la famille fait partie des facteurs influençant le développement des enfants nés prématurément (D'Angio & al., 2002 ; McCormick & al., 1990). Parmi 1120 enfants nés à terme ou prématurés évalués à 9 ans par le biais d'un questionnaire destinés aux enseignants, ceux issus de minorités ethniques ont de plus faibles habiletés langagières, davantage de problèmes d'attention et de comportement, et des compétences sociales moindres (Klebanov & al., 1994).

Pour avoir une idée juste des conséquences possibles d'une naissance avant terme, les données doivent donc être analysées et les résultats interprétés au regard des origines culturelles et de la langue maternelle de l'enfant (Cohen & al., 1986).

D'autres variables socio-environnementales ont une incidence sur le devenir des enfants anciens prématuré à l'âge scolaire : la structure et la taille de la famille (Fawer & al., 1995 ; Yliherva & al., 2001), ainsi que certaines caractéristiques maternelles, entre autres. Ainsi, les enfants issus de familles monoparentales, ceux ayant deux frères ou sœurs ou plus, ou encore les enfants dont la mère est adolescente ou se considère en mauvaise santé ont davantage de risque d'avoir des difficultés d'ordre scolaire (McCormick & al., 1990).

Le plus souvent, l'examen des effets de l'environnement se limite à la prise en compte de facteurs de risque sociaux qualifiés de « distaux », tels que ceux qui viennent d'être mentionnés. Il apparaît désormais nécessaire, comme quelques auteurs l'ont fait, d'évaluer des aspects plus « proximaux » de l'environnement social de l'enfant. Parmi ceux-ci, on peut citer : la qualité de l'environnement à la maison - telle qu'évaluée par des instruments comme le HOME -, les possibilités de soutien social dont peuvent bénéficier les membres de la famille, les facteurs de vie stressants, ou encore les capacités d'adaptation psychologique de la mère (Taylor & al., 1998 ; voir aussi Aylward, 1992). Comme nous le verrons, plusieurs études ont montré que ces variables sont davantage liées au développement des enfants nés prématurément que ne le sont le statut socio-économique ou d'autres facteurs de risque distaux (Brazy, Goldstein, Oehler, Gustafson & Thompson, 1993).

5.2.2. Variables « proximales »

Plusieurs variables relatives à la qualité de l'environnement à la maison ont un rôle important dans le développement des enfants anciens prématurés.

Ainsi, l'environnement social de l'enfant à son retour au domicile familial a un effet significatif sur les performances intellectuelles et les capacités d'apprentissage (Eilers, Desai, Wilson & Cunningham, 1986 ; Hunt & al., 1988). Il a également un impact sur le comportement à l'âge scolaire, en particulier sur les compétences sociales et sur les capacités d'attention (Klebanov & al., 1994 ; voir aussi Mc Cormick & al., 1996 ; Sameroff & Chandler, 1975).

D'autres variables proximales influent sur le développement de l'enfant : les attentes des parents et la qualité de leurs interactions avec enfant (Aylward, 1992), ou, en d'autres termes, l'attitude des parents envers l'enfant (Bloch Petersen & al., 1990), leurs stratégies éducatives (Hille & al., 2001). La faible sensibilité des parents aux besoins du jeune enfant et leurs difficultés à y répondre, ou encore la faible implication des parents dans les activités du jeune enfant (Bradley, 1989 ; Sigman, Beckwith, Cohen & Parmelee, 1989), peuvent être sources de difficultés d'adaptation. La dépression maternelle a également une influence négative sur le comportement de l'enfant et sur ses habiletés langagières (Klebanov & al., 1994).

Pour certains auteurs, les variables proximales ont un impact plus grand sur le développement des enfants anciens prématurés que celles relatives à des aspects distaux de l'environnement (voir notamment Mc Cormick & al., 1996). Ainsi, Kalmar (1996) montre que la « stimulation intellectuelle » et l' « atmosphère à la maison » - variables composées pour l'étude - sont plus fortement corrélées aux scores de QI que ne l'est le niveau socio-économique de la famille, et ce, à tous les âges entre 3 et 8 ans. De la même manière, l'attitude des parents envers l'enfant aurait une influence plus importante sur son développement que le statut socio-économique (Bloch Petersen & al., 1990). En tout état de cause, les variables environnementales « proximales », telles que les scores au HOME ou les mesures relatives aux interactions parents-enfant par exemple, permettent des prédictions plus précoces en comparaison avec les facteurs « distaux » plus généraux, tels que le statut socio-économique (Aylward, 1992).

Il importe donc de contrôler un certain nombre de facteurs socio-environnementaux lorsque l'on s'intéresse au devenir des enfants nés avant terme (Aylward & al., 1989 ; Taylor & al., 2000). Compte tenu de l'aspect multidimensionnel du concept d'environnement, il convient de prendre en compte des variables distales – et en particulier le statut socio-économique de la famille, le niveau d'études des parents (Kaplan & Mayes, 1997), et les origines culturelles ou la langue maternelle (Cohen & al., 1986) -, et d'autres plus proximales, qui sont cependant beaucoup plus difficiles à opérationnaliser.

Par ailleurs, le caractère continu ou non des effets des variables connues pour influer sur le développement et les aspects chronologiques devraient également être pris en considération lors de l'examen des conséquences d'une naissance prématurée (Aylward, 1992).

5.3. Des influences évoluant avec le temps

L'impact des différents facteurs influant sur le développement des enfants nés avant terme varie en fonction de la période de la vie considérée. Le développement des enfants anciens prématurés est, au cours des premiers mois de vie, essentiellement soumis à l'influence de variables bio-médicales. Les facteurs socio-environnementaux commencent à lui être associés plus tardivement, à partir de la deuxième voire de la troisième année de vie.

Le faible poids à la naissance et le fait pour un enfant d'avoir souffert d'un retard de croissance intra-utérin constituent les facteurs les plus fortement associés au développement moteur, cognitif, linguistique et social au cours des deux premières années de vie (Sansavini & al., 1996). De la même manière, Weisglas-Kuperus et al. (1993) observent qu'à l'âge de un an, les scores d'enfants nés avec un poids très faible aux échelles de Bayley sont essentiellement corrélés aux variables bio-médicales relatives à l'enfant ; en revanche, ils ne sont pas associés aux facteurs sociaux, et notamment à la qualité de l'environnement familial. Ces résultats sont en accord avec la théorie piagétienne du développement de l'enfant, selon laquelle les facteurs biologiques ont un rôle fondamental au niveau de l'intelligence « sensori-motrice » des premiers mois de la vie.

Les effets des variables environnementales – telles que le statut socioéconomique et le niveau d'études de la mère - deviennent de plus en plus apparents entre 18 et 36 mois, 24 mois étant l'âge le plus souvent cité (Aylward, 1992). A partir de là, les enfants élevés dans un environnement stimulant ont de meilleurs scores aux épreuves utilisées pour évaluer le fonctionnement cognitif que les enfants évoluant dans des environnements moins « appropriés » (Weisglas-Kuperus & al., 1993). Là encore, ces observations vont dans le sens des principales théories développementales. En effet, cet âge correspond à une période critique de transition au niveau du développement cognitif, qui se caractérise par l'émergence des capacités symboliques, le développement du langage et les premières formations de concepts. Néanmoins, les conclusions de ces différentes études ne signifient pas que l'environnement n'a pas d'effet apparent au cours des premiers mois de vie.

Pour nombre d'auteurs, les variables relatives à l'environnement ont une influence plus importante sur le développement à mesure que l'enfant grandit ; à l'inverse, le rôle des facteurs bio-médicaux diminue avec le temps (Aylward, 1992 ; Brazy & al., 1993 ; Dittrichova, Brichacek, Mandys, Paul, Sobotkova, Tautermannova, Vondracek & Zezulakova, 1996 ; Escobar & al., 1991 ; Fawer & al., 1995). A long terme et hormis pour les enfants nés les plus précocement, les facteurs socio-économiques prendraient ainsi le pas sur de nombreux indicateurs de la sévérité de la pathologie néonatale (François & al., 1998). En d'autres termes et par analogie avec le rapport « signal-bruit » (*signal-to-noise ratio*) : "*the signal of early medical and biologic influences on outcome is gradually obscured by the noise generated by the environment*" (Aylward, 1992, p. 227).

Toutefois, les résultats de plusieurs études vont à l'encontre de l'idée selon laquelle l'influence des variables biologiques diminue avec l'avancée en âge de l'enfant, pour être progressivement occultée par les effets de l'environnement (Lee & Barratt, 1993, cités par Taylor & al., 1998). Taylor et al. (1998) ont montré que les performances cognitives et le comportement d'enfants nés avec un très faible poids évalués entre 5 et 9 ans sont plus fortement corrélés avec un score composite de risque néonatal qu'avec les facteurs de risque sociaux, que ceux-ci soient relatifs à l'environnement distal ou proximal. Chez 8370 enfants dont 279 étaient nés avec poids inférieur à 2500 grammes, le fait que la mère ait un niveau

d'études peu élevé n'est pas non plus associé à de faibles habiletés linguistiques à l'âge de 8 ans (Yliherva & al., 2001). Pour les auteurs, la durée de la scolarité de la mère aurait une influence forte pendant les premières années sur les capacités langagières de l'enfant. En revanche, cette variable serait moins « cruciale » à l'âge scolaire, lorsque l'enfant est soumis à des stimuli linguistiques d'origines plus variées.

Si l'effet des principales variables mentionnées est plus ou moins important selon l'âge de l'enfant, il dépend également du domaine de la cognition considéré.

5.4. Effet différentiel du domaine de la cognition considéré

Les facteurs biologiques et ceux environnementaux ont une influence plus ou moins forte en fonction du domaine du développement de l'enfant sur lequel porte l'intérêt (Aylward & al., 1989).

De nombreuses variables bio-médicales relatives à l'enfant ont une influence sur ses performances dans les épreuves évaluant les capacités motrices ou visuo-motrices. C'est le cas du sexe (Aylward & al., 1989) et de variables périnatales (Marlow & al., 1993), dont l'âge gestationnel, le poids de naissance et le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance. Jongmans et al. (1997) ont évalué 183 enfants nés avant 35 SA et 215 témoins nés à terme, à l'âge de 6 ans. Chez ces enfants, l'âge gestationnel a un effet significatif sur les scores au *Movement ABC*, qui évalue les habiletés perceptives et motrices. Les résultats des enfants au test VMI de l'intégration visuo-motrice sont corrélés significativement au poids de naissance ; l'effet de la durée de la grossesse tend vers la significativité. L'hypotrophie ou le rapport entre le poids de naissance et le poids attendu compte tenu de la durée de la gestation ont également des effets néfastes au niveau visuo-moteur (Francis-Williams & Davies, 1974 ; Hutton & al., 1997). Sur la base de ces éléments, il n'est pas surprenant de constater que les variables périnatales sont associées aux scores aux échelles « non-verbales » des batteries d'intelligence (Girouard & al., 1998 ; Hutton & al., 1997 ; Lauterbach & al., 2001).

Par ailleurs, chez 79 enfants nés avec un poids très faible suivis jusqu'à l'âge de 3 ans ½, les facteurs biologiques sont significativement corrélés aux résultats à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC (Weisglas-Kuperus & al., 1993), qui constitue une mesure relativement pure de l'intelligence « fluide ». Ces variables ont aussi une influence forte sur certains aspects du comportement (Taylor & al., 1998). Chez des enfants nés entre 24 et 28 SA évalués à l'âge de 5 ans, l'état de santé au cours de la période néonatale entretient des corrélations significatives avec le comportement opposant et l'hyperactivité (Girouard & al., 1998).

A l'inverse, les facteurs bio-médicaux ne semblent pas avoir d'influence importante sur les performances des enfants dans le domaine verbal (Girouard & al., 1998 ; Hutton & al., 1997 ; Lauterbach & al., 2001), et notamment sur leurs scores à des tests de lecture (Hughes & al., 1999). Enfin, la corrélation observée entre les variables biologiques et les scores d'enfants anciens prématurés à l'échelle des Connaissances du K-ABC n'est pas significative (Weisglas-Kuperus & al., 1993).

Contrairement aux variables bio-médicales, les facteurs socio-environnementaux n'ont que peu d'influence sur la motricité fine et grossière (Vohr & Garcia Coll, 1985 ; voir aussi Fawer & al., 1995). Ainsi, Hutton et al. (1997) n'ont pas fait état de corrélations significatives entre plusieurs variables sociales et les scores à des épreuves « motrices » chez des enfants nés grands prématurés. Ces variables ne semblent pas non plus avoir d'impact sur les résultats des enfants aux tests évaluant les capacités visuo-motrices (Dammann & al., 1996 ; Hughes & al., 1999), et plus généralement sur leurs performances dans le domaine non-verbal (Girouard & al., 1998).

En revanche, les variables socio-environnementales influent fortement sur les scores des enfants aux batteries d'intelligence (Fawer & al., 1995), et en particulier sur leurs performances dans les épreuves basées sur du matériel verbal (Dammann & al., 1996 ; Girouard & al., 1998). Chez des enfants anciens grands prématurés évalués à l'âge de 9 ans, les scores au WISC-R, et en particulier ceux à l'échelle Verbale, sont étroitement corrélés au niveau social et scolaire des parents (Sizun & al., 1998). Le niveau d'études de la mère semble avoir ici un rôle prépondérant (Hughes & al., 1999 ; Hutton & al., 1997).

Chez des enfants nés avec un poids très faible et lorsque l'âge et le sexe sont pris en compte, les facteurs de risque sociaux - distaux et proximaux - contribuent à la prédiction non seulement du QI et du score composite relatif aux performances des enfants dans le domaine verbal, mais aussi à celle des évaluations réalisées par les parents concernant l'hyperactivité et les problèmes comportementaux plus généraux (Taylor & al., 1998). Girouard et al. (1998) ont également observé une corrélation négative entre la qualité de l'environnement familial d'enfants nés très grands prématurés et la présence d'un syndrome hyperkinétique. Toutefois, l'effet de l'environnement familial sur l'hyperactivité est entièrement médiatisé par les habiletés langagières.

Contrairement à ce qui a été observé pour l'échelle des Processus Mentaux Composites chez des enfants nés avec un poids très faible évalués à 3 ans ½, les performances à l'échelle des Connaissances du K-ABC sont essentiellement corrélées avec les facteurs sociaux, et en particulier avec les scores aux échelles du HOME (Weisglas-Kuperus & al., 1993). De la même manière, Achenbach, Phares, Howell, Rauh et Nurcombe (1990) ont montré sur la base d'analyses en régression que le niveau socio-économique de la famille et le niveau d'études de la mère expliquent une partie plus importante de la variance des scores à l'échelle des Connaissances qu'à celle des Processus Mentaux Composites. Les résultats de ces deux études tendent à conforter les bases théoriques de la batterie de Kaufman (Kaufman et Kaufman, 1993b).

En conclusion, les différents domaines du fonctionnement cognitif ne sont pas soumis à l'influence des mêmes facteurs. Les facteurs de risque bio-médicaux, qui ont une influence forte sur le développement neurologique, sont associés aux performances motrices et « perceptuelles » (Foreman & al., 1997). Les variables socio-environnementales sont davantage liées aux performances des enfants dans le domaine du langage (Dammann & al., 1996 ; Girouard & al., 1998). Elles ont également un rôle crucial au niveau de l'acquisition des connaissances (Achenbach & al., 1990 ; Weisglas-Kuperus & al., 1993).

Il est aussi couramment admis que comparées à celles biologiques, les variables sociales ont un effet plus généralisé sur les performances cognitives des enfants anciens prématurés (Hughes & al., 1999 ; Hutton & al., 1997). Pour nombre d'auteurs, l' « intelligence » serait ainsi plus fortement associée aux facteurs environnementaux plutôt qu'aux variables bio-médicales relatives à l'enfant (Dammann & al., 1996). A l'instar de Aylward (1992), il nous semble cependant que cet état de fait tient à la forte composante verbale des épreuves utilisées

à l'âge scolaire pour évaluer l'intelligence. Certains tests plus « purs » tel le K-ABC, moins soumis à l'influence du langage et aux effets de l'environnement, sont autant associés aux variables biologiques qu'à celles socio-environnementales.

Si leurs rôles varient en fonction de l'époque de la vie et du domaine de la cognition auxquels on s'intéresse, les facteurs bio-médicaux et ceux et socio-environnementaux ont une influence conjointe, cela aboutissant à des interactions extrêmement complexes.

5.5. Des interactions complexes

Plusieurs auteurs ont montré que l'impact des facteurs socio-environnementaux dépend dans une certaine mesure du risque biologique (Robson & Cline, 1998 ; Taylor & al., 1998 ; Weisglas-Kuperus & al., 1993), et inversement (Hunt & al., 1988). De façon générale, les anciens prématurés sont plus vulnérables aux influences environnementales que les témoins nés à terme (Ross & al., 1990 ; Weisglas-Kuperus & al., 1993). Ceux les plus à risque d'un point de vue médical y sont particulièrement sensibles (Taylor & al., 1998).

Certains enfants, et cette conjoncture n'est pas rare, cumulent des facteurs de risque bio-médicaux et psycho-socio-environnementaux (Bennett & Scott, 1997). Ils sont considérés comme « doublement à risque », (*at double hazard* pour Escalona, 1982 ; *at double jeopardy* selon Parker, Greer & Zuckerman, 1988, cités par Aylward, 1992) au regard de la qualité de leur développement socio-cognitif. En conséquence, il est fondamental de leur porter une attention toute particulière (François & al., 1998).

A l'inverse, les résultats de plusieurs études montrent qu'un environnement favorable peut compenser les effets néfastes de complications survenues au cours des périodes prénatale ou périnatale (Koller, Lawson, Rose, Wallace & McCarton, 1997 ; Liaw & Brooks-Gunn, 1993 ; Siegel, 1982). Même les enfants nés avec un poids très faible considérés comme à risque d'un point de vue neurologique - ou présentant des anomalies à ce niveau - peuvent rattraper leur retard sur le plan cognitif dans un environnement hautement stimulant (Weisglas-Kuperus & al., 1993). D'autres auteurs soulignent que la probabilité d'apparition de troubles supposés avoir une cause organique, dont les difficultés d'attention, diminue lorsque l'enfant évolue dans un environnement adapté. Le fait de recevoir des soins et des stimulations appropriés faciliterait chez les enfants le développement de la capacité à réguler leur comportement (Robson & Cline, 1998).

Finalement, les variables sociales « favorisantes » peuvent amoindrir, sinon annuler, les effets des facteurs de risque biologiques (Sansavini & al., 1996 ; Taylor & al., 2000 ; voir aussi Cohen & al., 1986 ; Smith, Ulvund & Lindemann, 1994). C'est alors dire que la prévention des troubles cognitifs au sein de la population des enfants anciens prématurés ne passe pas seulement par la diminution des anomalies biologiques. Des programmes d'intervention précoces, qui prendraient en compte les aspects environnementaux, peuvent jouer un rôle fondamental dans cette perspective (Weisglas-Kuperus & al., 1993).

Le développement des enfants anciens prématurés est le fruit d'interactions complexes entre des variables aussi nombreuses que diverses, avec pour corollaire le caractère extrêmement hétérogène de cette population (Goldson, 1996). Les troubles relevés chez un certain nombre de ces enfants ont une origine incontestablement multifactorielle. Des dysfonctionnements neurologiques mineurs, des effets de l'environnement, ou encore des influences psycho-sociales résultant notamment de la séparation de l'enfant avec sa famille au cours de la période néonatale, en constituent les principaux déterminants (Klein & al., 1985).

Toutefois, le risque pour un enfant de présenter l'une ou l'autre des séquelles mineures associées à la naissance prématurée existe indépendamment de l'influence de facteurs socio-environnementaux (Bennett & Scott, 1997 ; Bhutta et al., 2002 ; Breslau, 1995 ; Hack & al., 1992 ; Marlow & al., 1993 ; Saigal & al., 1991 ; Sommerfelt & al., 1993) ou néonataux (Taylor & al., 1998 ; Yliherva & al., 2001). Même après que les effets de ces variables aient été contrôlés en effet, des troubles cognitifs et comportementaux variés ont été observés chez des anciens prématurés aux âges préscolaire et scolaire, à l'adolescence, et même au début de l'âge adulte.

6. Evolution des performances cognitives avec l'âge

Plusieurs auteurs font état, chez les enfants nés avant terme, d'une augmentation du niveau d'efficience cognitive avec l'avancée en âge (Curtis & al., 2002 ; Hack, Wilson-Costello, Friedman, Taylor, Schluchter & Fanaroff, 2000 ; Ment, Vohr, Allan, Katz, Schneider, Westerveld, Duncan & Makuch, 2003 ; Roth & al, 2001 ; Saigal & al, 2001 ; Stewart & al., 1999). Cette « récupération fonctionnelle » est habituellement interprétée en termes de plasticité cérébrale. Ment et al. (2003) notent ainsi une amélioration des performances d'enfants nés avec un poids très faible entre 3 et 8 ans d'âge corrigé. Celle-ci concerne essentiellement les performances « verbales »[37]. De la même manière, D'Angio et al. (2002) observent chez des enfants nés avant 29 SA un perfectionnement du fonctionnement scolaire entre l'école primaire et le collège, plus précisément entre 7 et 14 ans. La plupart des progrès observés l'ont été dans un groupe d'enfants qui, bien que scolarisés dans la classe attendue pour leur âge, ont bénéficié de mesures d'aide psychopédagogique entre 4 et 10 ans. Comme d'autres, les résultats de cette étude font ressortir la nécessité de dépister précocement les enfants susceptibles de présenter des troubles cognitifs et/ou comportementaux, afin de mettre en place les mesures de remédiation appropriées.

Toutefois, d'autres études n'ont pas abouti aux mêmes résultats (O'Callaghan & al., 1996 ; Taylor & al., 2000 ; Taylor & al., 2004 ; Zelkowitz & al., 1995). Parfois même, une détérioration des performances des enfants à mesure qu'ils grandissent a été observée. O'Brien et al. (2004) ont suivi une cohorte d'enfants nés avant 33 SA, entre 8 et 15 ans. Les

[37] Dans le groupe d'enfants considéré et entre les deux âges, les auteurs ont en effet observé une augmentation significative des scores médians au *Peabody Picture Vocabulary Test-Revised* et aux échelles Totale et Verbale de Wechsler, relativement aux normes de ces instruments. En revanche, l'augmentation des scores à l'échelle Performance est plus minime, et non significative (Ment & al., 2003).

auteurs se sont intéressés à l'évolution des proportions d'enfants « normaux » - qui ne présentent pas de trouble du développement -, d'enfants présentant un trouble modéré[38], et d'enfants présentant un trouble plus sévère[39]. A 8 ans, 65% des anciens grands prématurés sont considérés comme « normaux », 23% présentent un trouble modéré, et 11% présentent un trouble handicapant. Ils sont respectivement 27%, 51%, et 22% dans ce cas à l'adolescence. O'Brien et al. font également état d'une différence significative entre les deux âges au niveau de la proportion d'enfants avec un QI supérieur à 84 : 85% des enfants obtiennent des scores de QI dans la norme à 8 ans, 68% à 14 ou 15 ans[40]. Enfin, les auteurs observent une augmentation significative du nombre d'enfants bénéficiant de mesures d'aide psycho-éducative avec l'avancée en âge (O'Brien & al., 2004) ; ce dernier résultat va à l'encontre de ceux obtenus par D'Angio et al. (2002). De la même manière, Taylor et al. (2000) font état de changements « moins positifs » entre 7 et 11 ans chez des enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes comparés à des témoins en ce qui concerne le niveau global d'efficience cognitive, les performances scolaires telles qu'appréhendées par les enseignants, et les jugements émis par les parents relatifs aux problèmes de comportement et d'attention. Enfin, chez ces mêmes enfants nés avec un poids inférieur à 750 grammes et toujours en comparaison avec des témoins nés à terme, une amélioration moins nette des performances – une augmentation plus faible des scores bruts- est observée à deux tests évaluant les capacités perceptives et motrices –test VMI et *Purdue Pegboard Test*-, ainsi qu'au *Contingency Naming Test* qui évalue les fonctions attentionnelles exécutives (Taylor & al., 2004).

Plusieurs explications ont été proposées pour rendre compte de ces derniers résultats. L'une d'entre elles est que les déficits observés chez ces enfants au début de la période scolaire pourraient les rendre moins aptes que les témoins à tirer profit des opportunités d'apprentissage (O'Callaghan & al., 1996 ; Wolke, 1998). Cette évolution moins favorable chez les anciens prématurés comparés aux témoins pourrait également être le reflet de l'émergence tardive de difficultés, en raison de l'accroissement des demandes à mesure que l'enfant avance en âge[41] (O'Brien & al., 2004 ; Taylor & al., 2000). Une troisième possibilité est que les enfants nés avec un poids extrêmement faible connaîtraient des difficultés d'ordre motivationnel de plus en plus importantes avec le temps (Zelkowitz & al., 1995, cités par Taylor & al., 2000), avec des répercussions dans les sphères cognitive et comportementale. Enfin, une autre hypothèse a été émise, qui se base sur l'association fréquente entre la naissance prématurée et le bas niveau socio-économique (*i.e.,* les femmes de bas niveau socio-économique sont davantage à risque d'accoucher prématurément). En effet, cette association pourrait impliquer que certains enfants anciens prématurés ne peuvent bénéficier des mesures d'aide psycho-éducative dont ils auraient pourtant besoin pour exploiter pleinement leur potentiel (O'Brien & al., 2004).

---

[38] Il s'agit notamment des enfants obtenant des scores compris entre un et deux écart-types sous la moyenne aux tests moteurs ou cognitifs, ou des scores compris entre le cinquième et le dixième centiles au test de Beery de l'intégration visuo-motrice.

[39] Ceux-ci comprennent en particulier les enfants obtenant des scores inférieurs à deux écart-types sous la moyenne aux tests cognitifs, des scores inférieurs au cinquième centile au test de Beery, ou encore des scores supérieurs à 12 à l'échelle de Rutter.

[40] La proportion d'enfants avec un QI compris entre 70 et 84 passe de 12% à 8 ans à 24% à l'adolescence. En revanche, la proportion d'enfants avec un QI inférieur à 70 ne change pas de façon significative entre 8 et 14 ans (O'Brien & al., 2004).

[41] Pour Taylor et al. (2004) enfin, les atteintes cérébrales associées à une naissance extrêmement prématurée pourraient, comparées à des lésions plus focales autorisant une certaine réorganisation neurale, être trop diffuses – ou perturber trop la neurogenèse - pour permettre un développement tout à fait normal.

Ces désaccords entre auteurs concernant l'évolution des performances cognitives des enfants nés prématurément pourraient en partie s'expliquer par le fait que des domaines différents de la cognition sont considérés dans les études qui viennent d'être évoquées, ou encore par l'influence de facteurs bio-médicaux et environnementaux ; ils pourraient également être le reflet de divergences d'ordre méthodologique (Taylor & al., 2004). Selon Aylward (2003), les troubles neurologiques ou moteurs mineurs s'amoindriraient avec l'avancée en âge ; en revanche, les déficits cognitifs seraient plus persistants. Par ailleurs, il apparaît que l'amélioration du fonctionnement cognitif avec l'âge concerne surtout les enfants sans problèmes médicaux évoluant dans un environnement social favorable (Aylward, 2002 ; Hack, Klein & Taylor, 1995).

En tout état de cause, il importe de développer des études relatives à l'évolution des performances cognitives des anciens prématurés depuis la petite enfance jusqu'à l'adolescence, idéalement jusqu'à l'âge adulte. De telles études pourraient notamment permettre de trancher entre plusieurs interprétations. En effet, l'observation d'une accentuation avec l'âge des différences entre les enfants anciens prématurés et les témoins nés à terme irait dans le sens non pas d'un simple retard de développement, mais d'une trajectoire développementale différente chez les enfants nés prématurément. Ces travaux sont d'autant plus essentiels que peu d'auteurs se sont intéressés aux conséquences d'une naissance avant terme après la première décennie (O'Brien & al., 2004).

Il est tout aussi fondamental, comme cela a déjà été mentionné, de comprendre l'origine des troubles relevés, de déterminer leurs principales causes et leurs principaux mécanismes. Récemment, l'hypothèse d'un déficit inhibiteur a été émise pour rendre compte d'une partie des séquelles tardives légères de la prématurité (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994). Cette hypothèse nous semble particulièrement intéressante pour plusieurs raisons. Celles-ci seront développées dans le troisième chapitre, suite à la présentation de l'inhibition, notion centrale dans les théories actuelles du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs.

Chapitre 2.

L'inhibition

Le concept d'inhibition – qui vient du verbe latin *inhibire*, arrêter un objet en mouvement - trouve son origine dans le domaine de la neurophysiologie (Stroop, 1935). Si, au début du dix-neuvième siècle, les physiologistes ne voyaient l'action nerveuse qu'en termes d'excitation, l'inhibition fut par la suite considérée comme une composante essentielle du fonctionnement du système nerveux central (Boujon, 2002). En psychologie, l'intérêt qu'elle suscite s'enracine dans les travaux sur l'apprentissage et les réflexions relatives à l'attention.

1. Origine et histoire du concept d'inhibition

La prise en compte de la notion d'inhibition en psychologie date des travaux sur le conditionnement et sur l'interférence proactive menés à partir de la fin du dix-neuvième siècle. A la croisée des domaines de la physiologie et de la psychologie, Yvan Pavlov fut l'un des premiers à considérer l'importance des mécanismes d'inhibition dans l'apprentissage. Lors de ses expériences sur les réflexes conditionnels conduites au début du vingtième siècle, Pavlov a montré que des stimuli parasites, d'origine externe ou interne, produisent sur la réponse conditionnelle un « effet inhibiteur secondaire » qui diminue son amplitude. L'extinction de la réponse était également expliquée par l'inhibition (Boujon & Lemoine, 2002). Plus qu'à une simple absence d'activation, ce concept renvoyait alors, déjà, à un processus actif de suppression d'une action excitatrice (Boujon, 2002). Par ailleurs, Müller et Schumann (1894, cités par Stroop, 1935) ont montré chez l'homme que davantage de temps est nécessaire pour apprendre une série de syllabes (sans sens) lorsque celles-ci ont été associées à d'autres auparavant, phénomène qualifié d'« interférence proactive ». Ils déduirent de leurs résultats une loi d' « inhibition associative » par la suite formulée par Kline (1921, p. 270) en ces termes : « *if a is already connected with b, then it is difficult to connect it with k, b gets in the way* ». Des effets d'interférence d'un premier apprentissage sur un second ont été également observés dans des tâches de classement de cartes (Bergström, 1894 ; Culler, 1912), comme lors d'études chez le rat utilisant des labyrinthes en T (Hunter, 1922).

A la même période, un certain nombre d'auteurs attribuent à l'inhibition un rôle important dans le fonctionnement de l'attention. Dans une synthèse des théories de l'attention en vigueur à l'époque, Hamlin (1896, cité par Boujon & Lemoine, 2002) a montré que celles-ci peuvent être distinguées en trois « catégories » en fonction du degré d'importance accordé aux mécanismes de facilitation et d'inhibition. Pour certains auteurs, l'attention est vue essentiellement comme un processus de facilitation des idées. Pour d'autres en revanche, dont les expérimentalistes allemands Wundt et Kûlpe, l'inhibition des idées qui ne sont pas

attendues constitue le facteur principal de l'attention. Pour les tenants du troisième type de théories enfin, les deux phénomènes sont à l'origine de l'attention (Boujon & Lemoine, 2002). Parmi ces derniers auteurs, on peut citer William James (1890) pour qui l'attention représente : « *the taking possession by the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or train of thoughts* ». En soulignant que « cette faculté nécessite que l'on renonce à certaines choses pour s'occuper efficacement des autres », l'auteur montre alors que, dans le fonctionnement de l'attention, le mécanisme de suppression a un impact aussi déterminant que celui de la focalisation (Boujon & Lemoine, 2002, p.80).

Si son rôle est reconnu depuis la fin du dix-neuvième siècle, l'inhibition a pendant longtemps été étudiée plus par les conséquences qu'entraînait son absence ou son manque que par les bénéfices qu'elle pouvait induire. De ce fait, elle fût souvent considérée comme l'autre versant de la distraction (Boujon & Lemoine, 2002). L'intérêt pour ses effets ne date que de quelques décennies, et en particulier des études sur le rôle des mécanismes d'inhibition dans la sélection attentionnelle de l'information (Boujon & Quaireau, 1997 ; Neill, 1977 ; Nelly, 1977 ; Tipper, 1985).

Le concept d'inhibition possède ainsi une histoire longue de plus d'un siècle dans le domaine de la psychologie (Nigg, 2000). Toutefois, cette notion a été « oubliée » pendant plusieurs décennies, avant d'être récemment remise à l'ordre du jour des préoccupations de la psychologie cognitive, au point d'occuper actuellement une place centrale dans les théories du fonctionnement cognitif.

2. Une place centrale dans les théories actuelles de la psychologie cognitive

Depuis le début des années quatre-vingt-dix, une importance croissante est accordée au concept d'inhibition dans les sciences cognitives (Vom Hofe, 1998). Celui-ci connaît un souffle nouveau en psychologie cognitive, simultanément en France (Houdé, 1995, 1997) et en Amérique du Nord (Dagenbach & Carr, 1994 ; Dempster & Brainerd, 1995).

Une des raisons de ce regain d'intérêt tient au fait que l'inhibition est un processus présent à tous les niveaux d'organisation du vivant, de la communication neuronale (Kandel, Schwartz & Jessell, 2000, cités par Houdé, 2003) aux fonctions exécutives du cortex préfrontal (Houdé, 2003 ; Le Bouedec, Martins, Iralde, Gauthier & Delaporte, 2002). Elle constitue par là une notion vers laquelle convergent les intérêts de chercheurs d'horizons scientifiques différents. Toutefois, le crédit accordé à la notion d'inhibition semble davantage lié à la mise en évidence, notamment au travers du phénomène d'amorçage négatif (Tipper, 1985), de son influence majeure dans l'aspect sélectif de l'attention. L'essor des neurosciences cognitives et l'impact croissant des modèles connexionnistes, qui ont mis en évidence le rôle de l'inhibition dans la robustesse des réseaux (Houdé, 1998), expliquent également le renouveau connu par ce concept. La métaphore neuronale d'activation et d'inhibition a succédé à celle informatique d'activation (voir aussi Dempster, 1992). L'efficacité du fonctionnement cognitif était traditionnellement considérée comme

dépendante de l'activation des ressources ; il est désormais admis qu'elle résulte également d'une capacité de suppression et de blocage de l'information. Comme le souligne Vom Hofe (1998), l'irruption du concept d'inhibition dans le champ de la psychologie cognitive révèle ainsi un véritable renversement de perspective dans les modèles explicatifs, et ce, aussi bien dans les théories générales que dans les modèles plus locaux tels que celui relatif à l'attention sélective.

La popularité actuelle de la notion d'inhibition s'explique également en tant que celle-ci est considérée comme une des principales explications des différences développementales et interindividuelles au niveau cognitif (Bestgen & Dupont, 2000 ; Houdé, 1998).

3. Inhibition et développement cognitif

D'un point de vue développemental, l'inhibition se révèle un candidat pertinent dans l'explication des changements liés à l'âge chez l'enfant, comme dans les théories du vieillissement cognitif (Juhel & Auffray, 1998).

3.1. L'inhibition comme facteur essentiel du développement cognitif chez l'enfant

Pascual-Leone (1969, cité par de Ribaupierre, Borella & Delaloye, 2003) a montré que de nombreuses situations sont de nature trompeuse : elles tendent à évoquer des représentations non pertinentes - et qui sont souvent plus fortement activées par la situation que celles sur lesquelles la réponse correcte doit s'appuyer -, qui provoquent une réponse erronée[42]. Un peu plus tard, Hasher et Zacks (1979, 1988) ont interprété la diminution de l'efficacité de la mémoire de travail au cours du vieillissement en termes de déficit au niveau du fonctionnement inhibiteur. Sur la base de cet ensemble de travaux, Bjorklund et Harnishfeger (1990, 1995) ont fait l'hypothèse d'une augmentation de l'efficacité de l'inhibition au cours de l'enfance[43]. Celle-ci serait le fait de la maturation du système neuronal, et pourrait expliquer les capacités fonctionnelles croissantes des enfants à mesure qu'ils avancent en âge. Selon les auteurs en effet, l'augmentation de l'efficience inhibitrice entraîne la diminution progressive du nombre des informations non pertinentes entrant ou maintenues en mémoire de travail. En permettant la réduction du champ d'activation aux

---

[42] Au sein du courant néo-piagétien, Pascual Leone fut pourtant le seul à tenir compte de l'inhibition dans le développement cognitif (Houdé, 2003). Un rôle important est attribué, en tous cas d'un point de vue qualitatif, à l'opérateur d'inhibition I dans le système modulaire de l'attention (Pascual-Leone, 1988). Celui-ci a été développé pour tenter de pallier à certaines lacunes de la théorie piagétienne, et en particulier aux difficultés à expliquer les décalages « inattendus » de performances observés chez les enfants (Houdé, 1995). Selon ce modèle cependant, la capacité exécutive d'inhibition ne constitue qu'un épiphénomène dans le développement cognitif. Pour Pascual-Leone, le facteur essentiel de ce développement est représenté par la puissance d'activation de M.

[43] De la même manière, l'amélioration des performances dans de nombreuses situations à mesure que l'enfant grandit a été interprétée en termes d'une résistance plus grande aux interférences (Dempster, 1992, 1995).

seules représentations pertinentes, elle a pour conséquence l'accroissement de la capacité de traitement de la mémoire de travail. Par là, l'inhibition contribue à une meilleure adaptation fonctionnelle.

Sur la base des recherches princeps de Pascual-Leone, un certain nombre de paradigmes expérimentaux originaux ont été développés récemment. Ils ont permis de mettre en évidence le rôle récurrent de l'inhibition au cours du développement cognitif (Moutier, 2003). Chez le jeune enfant, celle-ci intervient notamment dans la construction de l' « objet permanent ».

L'existence d'une permanence précoce de l'objet, chez des bébés âgés de 4 ou 5 mois, a été démontrée par le biais de la méthode de réaction à l'évènement impossible. Le fait que l'erreur A-non-B est observée chez des bébés de 8 à 12 mois constitue un premier « paradoxe du développement », qui peut toutefois trouver une explication en termes d'inhibition (Houdé, 1998). En effet, si la situation développée par Baillargeon, Spelke et Wasserman (1985) ne requiert que la seule activation de la permanence de l'objet, l'épreuve piagétienne peut être considérée comme une situation « piège » au sens de Pascual-Leone : elle nécessite en outre l'inhibition d'une tendance motrice dominante, à savoir le geste programmé vers A (Bell & Fox, 1992 ; Diamond, 1991). Le comportement manifesté par les enfants de moins d'un an refléterait alors non pas une absence de l'objet permanent, mais bien plutôt un défaut exécutif d'inhibition motrice (Diamond, 1991). Pour Houdé, ce dernier pourrait même traduire un défaut d'inhibition cognitive de certains savoirs du bébé liés à son expérience sur les objets et l'espace.

L'inhibition est également impliquée dans la construction du nombre et de la catégorisation (Houdé, 1995, 1997, 1998, 2000), entre autres. Sa prise en compte a d'ailleurs conduit à une nouvelle perspective développementale (Dempster & Brainerd, 1995 ; Houdé, 1995, 1998). En conditionnant les performances dans des domaines aussi divers que fondamentaux, l'augmentation de l'efficience inhibitrice s'avère être un facteur essentiel du développement cognitif chez l'enfant. La diminution de l'efficacité des processus inhibiteurs, à l'inverse, caractériserait le vieillissement cognitif.

3.2. Inhibition et vieillissement cognitif

Depuis de nombreuses années, la baisse des performances cognitives observée au cours du vieillissement est fréquemment expliquée par une susceptibilité accrue des personnes âgées aux effets de l'interférence (Botwinick, 1973 ; Welford, 1958). Plus récemment, différentes hypothèses ont été émises, relatives notamment à un effet de l'âge au niveau de mécanismes de base sous-tendant le fonctionnement cognitif général (Juhel, 2003). Les spécificités du fonctionnement des sujets âgés ont ainsi été interprétées en termes d'une réduction des ressources de traitement et d'un besoin accru en soutien de la part de l'environnement (Craik & Byrd, 1982), d'un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information (Salthouse, 1996), ou encore d'un déclin du contrôle inhibiteur (Hasher & Zacks, 1979). Cette dernière hypothèse, esquissée dès la fin des années cinquante, semble désormais privilégiée par plusieurs auteurs (Arbuthnott, 1995 ; Bjorklund & Harnishfeger, 1990 ; Clark, 1996 ; Dempster, 1992 ; Le Bouedec & al., 2002 ; McDowd, Oseas-Kreger & Filion, 1995). Selon celle-ci, l'âge aurait un effet indirect sur la cognition, par l'intermédiaire des processus inhibiteurs (Hasher & Zacks, 1988 ; Hasher, Zacks & May, 1999).

Les résultats de nombreuses études appuient cette proposition. Le vieillissement normal s'accompagne en effet de difficultés à inhiber des réponses simples et automatiques -et notamment celle d'orientation- (McDowd & al., 1995), ainsi que d'une baisse de performances dans un grand nombre d'épreuves classiquement utilisées pour évaluer l'efficience inhibitrice : le Stroop (Juhel, 2003 ; Juhel & Auffray, 1998), la génération aléatoire de lettres ou de chiffres (Baddeley, 1996 ; Salicé & Juhel, 2001 ; Van der Linden, Beerten & Pesenti, 1998), et la suspension de l'action au signal (Bedard, Nichols, Barbosa, Schachar, Logan & Tannock, 2002 ; Williams, Ponesse, Schachar, Logan & Tannock, 1999). C'est aussi le cas dans les épreuves d'interférence proactive (Hedden & Park, 2001), d'oubli dirigé (Zacks, Radvansky & Hasher, 1996), et dans les paradigmes de réactualisation de la mémoire de travail (Van der Linden, Bredart & Beerten, 1994). L'analyse des informations présentes dans le discours des personnes âgées et leurs performances dans plusieurs épreuves basées sur le langage vont également dans le sens d'un déficit d'inhibition. Il apparaît en effet que la variable latente « inhibition », mesurée par la variance commune au *Wisconsin Card Sorting Test*, au *Trail Making Test* et à une tâche de fluence lexicale, capture toute l'information liée à l'âge comme prédicteur du « bruit » dans le discours, à savoir du nombre de propos sans lien avec le thème de la discussion (Arbuckle & Gold, 1993). Par ailleurs, les âgés réalisent de plus faibles performances dans les tâches de discrimination lexicale –ils ont davantage de difficultés à réduire le niveau d'activation des concurrents phonétiquement proches- (Sommers & Danielson, 1999), et tendent à récupérer plus d'information sémantique que nécessaire lors du traitement de phrases (Juhel, 2003).

Ces observations semblent bien le signe d'une baisse d'efficience des mécanismes inhibiteurs avec l'âge. Il convient cependant de les nuancer du fait de l'existence fréquente de résultats contradictoires, et de l'implication probable d'aspects plus généraux d'adaptation et de contrôle cognitif (voir notamment Juhel, 2003, pour ce qui concerne les performances des âgés au Stroop et dans le paradigme d'amorçage négatif). En d'autres termes, les plus faibles performances des âgés dans les situations employées pour mesurer l'inhibition pourraient n'être qu'un aspect d'un pattern déficitaire plus large.

La quantité des ressources disponibles pour activer les informations pertinentes et la vitesse à laquelle celles-ci sont traitées expliquent une partie des différences liées à l'âge au niveau de l'efficience cognitive. Néanmoins et comme le montrent les résultats des études qui viennent d'être rapportés, les changements observés au cours du développement tiennent également aux variations de l'efficacité des processus inhibiteurs, voire du nombre de représentations pouvant être supprimées (de Ribaupierre, 2000). L'inhibition présente donc un grand intérêt dans une perspective développementale (Houdé, 1998). Elle constitue un concept tout aussi central dans les théories du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs (voir notamment Everett & Lajeunesse, 2000).

4. L'inhibition : une notion fondamentale dans les théories du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs

En psychologie cognitive, la fonction inhibitrice est présentée comme l'une des pièces maîtresses du contrôle cognitif (Camus, 1996 ; Dagenbach & Carr, 1994 ; Dempster & Brainerd, 1995). Elle permet notamment de rendre compte de l'efficience dans des situations complexes, impliquant le traitement simultané de nombreuses informations (de Ribaupierre & al., 2003 ; Siéroff, 2003). Dans leur présentation théorique des processus attentionnels, Tognoli et Toniolo (2003) évoquent à plusieurs reprises la notion d'inhibition. Celle-ci serait mise en jeu à différents moments du traitement de l'information, depuis la perception jusqu'à l'élaboration et l'exécution de la réponse comportementale.

De fait, ce concept est devenu un facteur explicatif primordial pour la compréhension de différents phénomènes cognitifs dans les domaines de l'attention sélective (Houghton & Tipper, 1994 ; Neill, Valdes & Terry, 1995 ; Tipper, 1985), de la mémoire (Anderson & Green, 2001 ; Anderson & Spellman, 1995 ; Levy & Anderson, 2002) et de l'apprentissage (Hasher & Zacks, 1988). La référence à cette notion est tout aussi pertinente en ce qui concerne le langage (Lustig, Hasher & Tonev, 2001) et en particulier la compréhension de textes et de phrases (Gernsbacher & Faust, 1991), c'est-à-dire l'accès au lexique (Simpson et Kang, 1994). L'inhibition intervient ici en tant que lorsqu'un individu lit ou entend un mot, ses différents sens potentiels – notamment dans le cas d'homonymes - sont activés. Ceux non appropriés sont alors supprimés, sur la base d'informations contextuelles d'ordres lexical, sémantique, ou encore syntactique. Dans les autres domaines auparavant mentionnés, le rôle des processus inhibiteurs est relativement identique (Anderson & Bjork, 1994, cités par Anderson & Spellman, 1995 ; Neill & Westberry, 1987). Par ailleurs, la notion d'inhibition est également pertinente pour la compréhension du contrôle moteur (Logan et Cowan, 1984) et du raisonnement analogique (Holyoak & Thagard, 1989, cités par Anderson & Spellman, 1995).

L'importance donnée aux processus inhibiteurs dans des secteurs aussi variés de la cognition traduit donc bien le retour en faveur des approches en termes de mécanismes basiques, dites « microscopiques », qui avaient été remplacées par des approches en termes de bases de connaissances et de stratégies, réputées plus à même d'expliquer les différentes habiletés cognitives (Vom Hofe, 1998).

La notion d'inhibition se révèle tout aussi intéressante pour les domaines de la neuropsychologie et de la psychopathologie cognitives.

Parce qu'ils réalisent de plus faibles performances dans plusieurs épreuves inhibitrices, on considère généralement que les patients traumatisés crâniens (Stewart & Tannock, 1999 ; Syssau, Bentabet, Brouillet & Pelissier, 2001) et ceux frontaux[44] (Andrès & Van der Linden, 1998 ; Burgess & Shallice, 1996b ; Dempster, 1992 ; Siéroff, 2003) se caractérisent par un déficit d'inhibition.

---

[44] Les patients frontaux se caractérisent par la production d'un plus grand nombre d'erreurs persévératives au *Wisconsin Card Sorting Test* (Burgess & Shallice, 1996b ; Dempster, 1992), et par une sensibilité accrue à l'interférence (Siéroff, 2003). Ils réalisent aussi de plus faibles performances dans le paradigme d'amorçage négatif (Metzler & Parkin, 2000), dans les tâches d'antisaccade (Everling & Fischer, 1998) et dans celles impliquant le traitement de texte (Luria, 1966).

Par ailleurs, nombre de pathologies sont aujourd'hui interprétées en termes de dysfonctionnement exécutif et d'inhibition inefficiente (Houdé, 1998). C'est en particulier le cas de la maladie d'Alzheimer (Collette & Van der Linden, 2002 ; Le Gall, Van der Linden, Andres, Zied Kefi & Collette, 2002), de la dépression profonde (Benoît, Fortin, Lemelin, Laplante, Thomas & Everett, 1992 ; Everett & Lajeunesse, 2000) et de la schizophrénie (Delamillieure, Mellet, Brazo & Dollfus, 2003 ; Laplante, Everett & Thomas, 1992), y compris chez l'enfant (Lin & al., 1999). Enfin, un déficit d'un type ou d'un autre d'inhibition est également mis en cause dans l'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention (Barkley, 1997) et les retards d'apprentissage (Dempster & Corkill, 1999) chez l'enfant, ainsi que dans l'autisme (Geurts & al., 2004). De fait, peu de concepts jouent un rôle aussi central dans les théories relatives aux psychopathologies développementales que celui d'inhibition, ou plutôt de désinhibition.

L'inhibition a un rôle important dans les différences liées à l'âge au niveau du fonctionnement cognitif. Elle représente également un médiateur fondamental pouvant rendre compte de divers phénomènes inhérents au fonctionnement normal de la cognition, ainsi que de dysfonctionnements cognitifs imputables à des désordres cérébraux ou spécifiques à certaines pathologies. Par là, l'inhibition constitue un concept « transversal », fédérateur, commun à plusieurs domaines de la psychologie et de la neuropsychologie (Boujon, 2002). Néanmoins, cette notion souffre d'un certain nombre de problèmes conceptuels et méthodologiques. Il existe des divergences concernant sa définition, et plus encore la nature unitaire ou non des fonctions qui lui sont attribuées.

5. Aspects définitoires

La définition de l'inhibition varie quelque peu d'un auteur à l'autre. Juhel (2003) fait ainsi mention d'une absence de cohérence totalement satisfaisante à ce niveau. En tout état de cause, l'accent est mis sur des caractéristiques différentes du concept.

5.1. Définition générale de l'inhibition

En dépit de certaines divergences, il semble que l'inhibition peut être définie comme un ensemble de mécanismes de suppression -momentanée[45]-, qui permettent au système cognitif de rejeter ou de maintenir hors de la mémoire de travail l'information non pertinente pour la tâche en cours (Harnishfeger, 1995 ; Vom Hofe, 1998). Ces informations distractrices, qui peuvent être d'origine externe ou interne, passées ou présentes (Lustig & al., 2001), sont susceptibles de détourner le système cognitif de ses objectifs comportementaux (Coulon, 2002). De fait, le rôle de l'inhibition est essentiel dans l'efficience cognitive.

[45] En ce sens, l'inhibition doit être distinguée de l'oubli. En effet, un item inhibé n'est pas à proprement parler un item oublié, c'est un item dont l'activation a été supprimée et qui se trouve donc momentanément inaccessible.

L'inhibition permet de rendre disponibles et efficaces les processus d'analyse et de réponse relatifs aux éléments pertinents, c'est-à-dire les traitements de la cible (Boujon & Lemoine, 2002). En ce sens, elle contribue à la réalisation d'un comportement adapté à la situation. En limitant la quantité d'informations stockées en mémoire de travail et le nombre d'opérations exécutées, l'inhibition facilite les performances cognitives (Kipp, Pope & Digby, 1998).

L'inhibition peut être considérée comme une des fonctions de contrôle remplies par le Système Attentionnel Superviseur (Shallice, 1988), ou encore par l'administrateur central de la mémoire de travail (Baddeley, 1996). Un certain nombre de fonctions lui sont en effet attribuées, dont la protection contre l'interférence et la capacité à inhiber des automatismes, entre autres (Juhel, 2003 ; voir aussi Syssau & al., 2001).

5.2. Quelques idées consensuelles autour de l'inhibition

D'autres caractéristiques de l'inhibition apparaissent consensuelles. Ainsi, tout le monde s'accorde à penser que l'inhibition est un phénomène adaptatif, qu'elle dépend des buts du sujet, et qu'elle bénéficie d'un apprentissage.

5.2.1. L'inhibition : un phénomène adaptatif

L'inhibition apparaît comme un processus de blocage essentiel tout au long du développement de l'individu. Selon Karmiloff-Smith (1992) en effet, l'esprit humain est plus qu'un ensemble de mécanismes innés et de capacités puissantes voués à l'apprentissage, au raisonnement, ou encore à l'abstraction. Chez le nourrisson, l'enfant et l'adulte, il doit plutôt être vu comme une sorte de jungle dans laquelle des compétences variées peuvent à tout moment entrer en compétition, s'opposer, se faire concurrence, et ce, en même temps qu'elles se construisent.

Toutefois, l'impact de ce mécanisme dépasse l'ontogenèse (Moutier, 2003). Ainsi, l'inhibition aurait permis l'expression progressive, au cours de la phylogenèse, des capacités de planification et de résolution de problèmes des grands singes anthropoïdes et des êtres humains (Bjorklund & Harnishfeger, 1995). Dans une perspective évolutionniste, elle est actuellement considérée comme un élément central dans l'adaptation comportementale et cognitive (Bjorklund, 1997), une sorte d' « algorithme darwinien » (*Darwinian algorithm*), selon les termes de Cosmides et Tooby (1987, cités par Houdé, 2000, p.69).

L'inhibition de comportements inadaptés - et non pas, comme cela apparaissait dans la théorie piagétienne, l'intelligence logique en tant que telle -, pourrait ainsi constituer « la forme optimale de l'adaptation biologique » (Houdé, 2003, p. 70).

5.2.2. L'inhibition dépend des buts du sujet

En particulier sur la base des performances observées dans des épreuves d'amorçage négatif, plusieurs auteurs ont montré que l'inhibition n'est pas appliquée de façon automatique (Everett & Lajeunesse, 2000). Elle est au contraire dépendante de la tâche et des stratégies de réponse de l'individu (Tipper & Cranston, 1985). Ainsi, l'amplitude de l'effet d'amorçage négatif est fonction des consignes données au sujet (Neill & Westberry, 1987). L'augmentation du temps de réaction – pour répondre à un essai donné à un stimulus cible qui avait à l'essai précédent le statut de distracteur - est essentiellement observée lorsque le sujet doit privilégier la justesse de la réponse ; elle est en revanche beaucoup plus faible quand la priorité est donnée à la vitesse. Le temps supplémentaire requis par les sujets est interprété comme un temps d'arrêt visant à vérifier la justesse de la réponse (Moore, 1994). Pour Everett et Lajeunesse (2000), ce temps de vérification tiendrait au sentiment d'une possibilité d'interférence du fait du changement de statut du stimulus qui, de distracteur à un essai devient la cible à l'essai suivant. Pour les auteurs, l'amorçage négatif serait ainsi « le produit d'une anticipation suivie par l'application de l'inhibition » (Everett & Lajeunesse, 2000, p. 19).

L'inhibition des distracteurs dépend des caractéristiques de la situation telles qu'appréciées par le sujet, qui vise des performances optimales compte tenu des consignes. Par là, l'inhibition est sous la dépendance de considérations d'ordre stratégique, elles-mêmes fonction des buts du sujet (voir aussi Boujon, 2002).

5.2.3. L'efficacité de l'inhibition peut être augmentée par apprentissage

Depuis Stroop[46], plusieurs auteurs ont montré que, chez l'adulte jeune, l'amplitude de l'interférence observée dans la tâche Stroop peut être réduite par entraînement à la dénomination des couleurs des combinaisons incongruentes (Ellis & Dunaley, 1991). Ces résultats sont interprétés en termes d'une augmentation de l'efficacité de l'inhibition du fait de l'apprentissage (Boujon & Lemoine, 2002), les sujets développant une « suppression de la réponse lecture » (Coulon, 2002). Cet effet bénéfique de l'entraînement n'a toutefois pas été observé chez les sujets âgés (Rogers & Fisk, 1991).

Par ailleurs et comme les enfants de moins d'un an qui commettent l'erreur A-non-B (alors que l'objet permanent semble acquis dès 4 ou 5 mois), la plupart des adultes font des erreurs de logique inattendues à leur stade d'intelligence – dit du raisonnement formel, ou hypothético-déductif -. Lors de problèmes « élémentaires » de logique déductive, ceux-ci se laissent « piéger par la perception des éléments cités dans la règle » (Houdé, 2003, p.66), réalisant alors ce qu'Evans nomme un « biais d'appariement perceptif » (Evans, 1998). Avec

---

[46] Dans une de ses expériences, Stroop (1935) montre qu'un entraînement de 8 jours à la dénomination de la couleur des combinaisons incongruentes (il s'agit par exemple du mot « rouge » écrit en bleu, la consigne étant de dénommer la couleur de l'encre) a pour conséquence une diminution de 34% du temps de dénomination, ainsi qu'une dégradation transitoire de la performance de lecture. Ces derniers résultats, retrouvés lors d'études plus récentes, suggèrent qu'une pratique intensive permet le développement d'une réponse de suppression de la lecture qui, en s'automatisant, devient elle-même difficile à supprimer (Coulon, 2002).

des tâches similaires[47], Houdé et Moutier (1996, 1999) se sont intéressés au degré d'efficacité de différentes conditions d'apprentissage : l'inhibition de la stratégie perceptive, l'activation de la logique et la simple répétition de la tâche. Parmi celles-ci, seul l'apprentissage de l'inhibition est apparu efficace, hormis peut-être chez les sujets dépendants du champ (Houdé & Moutier, 1996, 1999). Outre le fait que les erreurs réalisées par les sujets dans ces épreuves expérimentales – leur « irrationalité » - sont dues à un défaut d'inhibition et non à un problème de logique ou à un manque de pratique, ces résultats confirment donc bien que l'inhibition bénéficie d'un apprentissage.

Si les quelques caractéristiques de l'inhibition qui viennent d'être évoquées font l'objet d'un consensus, en revanche, d'autres demeurent sujettes à désaccords. Néanmoins, ceux-ci semblent surtout le fait d'imprécisions.

5.3. Imprécisions concernant la notion d'inhibition

Certaines imprécisions entourent la notion d'inhibition, qui sont à souligner. L'une d'entre elles concerne le caractère actif *vs* passif de l'inhibition, une deuxième celui volontaire ou non des processus en jeu.

5.3.1. L'inhibition : un processus actif ou passif ?

Plusieurs études réalisées à partir de la fin des années soixante-dix ont montré qu'un mécanisme actif d'inhibition est à l'œuvre dans l'attention sélective (Neill, 1977 ; Nelly, 1977 ; Posner & Snyder, 1975 ; Tipper, 1985 ; Tipper & Cranston, 1985). Il y a quelques années pourtant, d'autres auteurs envisageaient l'inhibition – ou plutôt la diminution des interférences créées par les informations non pertinentes - comme un déclin passif dans la durée d'activation des représentations des éléments distracteurs (Gathercole & Broadbent, 1987). Si certains évoquent encore une diminution de l'activation des stimuli non pertinents pour la tâche en cours (Bestgen & Dupont, 2000), nous adopterons le point de vue de plusieurs auteurs selon lesquels l'inhibition constitue un processus actif (Boujon & Lemoine, 2002 ; Harnishfeger, 1995).

Une autre distinction se substitue à celle qui vient d'être mentionnée, la distinction entre processus inhibiteurs volontaires *vs* involontaires.

---

[47] Dans ce type de tâches, on demande à des sujets de choisir par exemple deux formes géométriques qui rendent fausse la règle suivante : « s'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite » (Houdé, 2003, p. 66). Dans ce cas, la plupart des sujets interrogés dispose un carré rouge à gauche d'un cercle jaune, commettant alors une erreur de logique. Il s'agirait en effet de choisir, comme « le prescrit la table de vérité », une situation où l'antécédent de la règle est vrai (pas un carré rouge), et le conséquent faux (pas un cercle jaune).

5.3.2. Processus inhibiteurs volontaires *vs* involontaires

Une autre imprécision concerne l'aspect intentionnel ou non de l'inhibition. Parce que cette dernière renvoie à une combinaison d'influences automatiques et de processus contrôlés consciemment (Juhel, 2003), il convient de distinguer l'inhibition volontaire, « exécutive » (Nigg, 2000), de celle automatique ou non intentionnelle. La première relève d'une décision de supprimer l'activation d'un item non pertinent ; la seconde fait référence au fait que la suppression se produit avant que le sujet n'ait pris conscience de la mise en oeuvre du processus (Vom Hofe, 2003). La distinction qui vient d'être évoquée semble pouvoir se superposer à celle effectuée entre processus inhibiteurs centraux et périphériques (Nigg, 2000). Si ces derniers renvoient essentiellement aux mécanismes intervenant dans les étapes précoces de sensation et de perception, les processus centraux d'inhibition, d'ordre supérieur, sont associés aux comportements complexes.

Les processus inhibiteurs volontaires et centraux ont une incidence plus importante dans nombre de troubles cognitifs (Nigg, 2000). Pour autant, il n'est pas toujours possible de déterminer si une forme particulière d'inhibition est mise en place de manière intentionnelle ou non (voir notamment Harnishfeger, 1995). De fait, nous nous intéresserons à tous les processus inhibiteurs, sauf ceux dont il est clairement établi qu'ils sont automatiques, non intentionnels, et ne peuvent être contrôlés.

Comme nous venons de le voir, tous les auteurs n'évoquent pas l'inhibition en des termes équivalents, et cette notion souffre de certaines imprécisions. Plus fondamentalement, des désaccords existent relativement au caractère unique *vs* pluriel de l'inhibition (Vom Hofe, 1998). A l'heure actuelle cependant, il paraît difficile de n'évoquer qu'un mécanisme unique d'inhibition. La question qui se pose est alors celle de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs. Cette interrogation, sur laquelle nous reviendrons, est d'autant plus légitime que différentes fonctions sont attribuées à l'inhibition.

6. Fonctions attribuées à l'inhibition

De la même manière qu'il existe des divergences quant aux caractéristiques mises en avant dans la définition de l'inhibition, différents aspects du contrôle inhibiteur ont été distingués. Ceux-ci varient selon les auteurs, ou suivant l'évolution des modèles théoriques développés, tels que celui de Hasher et Zacks.

Au regard de la littérature cependant, trois fonctions principales semblent pouvoir être attribuées à l'inhibition. Elles apparaissent dans les présentations les plus récentes du modèle de Hasher et al. (1999), dont les travaux portent essentiellement sur les effets du vieillissement au niveau du fonctionnement cognitif. Selon les auteurs, ces fonctions inhibitrices joueraient un rôle central dans le degré avec lequel l'activation d'un but détermine les contenus temporaires de la mémoire de travail.

6.1. Le contrôle de l'accès des représentations en mémoire de travail

La première fonction de l'inhibition serait d'interdire, de **« contrôler » l'accès en mémoire de travail aux représentations non pertinentes** dont l'activation est déclenchée automatiquement par le contexte externe ou interne de la tâche (Boujon & Lemoine, 2002 ; de Ribaupierre & al., 2003). Par là, l'inhibition permet d'éviter que des éléments distracteurs relatifs à la situation perturbent l'activité en cours (Le Gall & al., 2002).

Dans une version antérieure de leur modèle, Zacks et Hasher (1994) faisaient mention, en plus de cette première fonction de contrôle, d'une fonction dite de « contrôle de retour ». Celle-ci était considérée comme chargée d'interdire aux informations écartées de revenir en mémoire de travail.

6.2. Le nettoyage de la mémoire de travail

L'inhibition interviendrait également dans le contrôle des contenus de la mémoire de travail en désactivant les représentations non pertinentes (voir aussi Bjorklund & Harnishfeger, 1995). Celles-ci incluent : les représentations inutiles pour l'activité en cours ayant pu accéder à la mémoire de travail – notamment du fait d'un défaut de la première fonction de contrôle de l'accès - d'une part, et celles précédemment pertinentes, mais qui ne le sont plus d'autre part.

De par cette fonction de **nettoyage de la mémoire de travail** (de Ribaupierre & al., 2003), qualifiée de fonction de suppression par Zacks et Hasher (1994), l'inhibition permet d'éviter le risque de surcharge que présente l'activation, ou le maintien de l'activation, d'éléments non pertinents dans cet espace à capacité limitée (Hasher, Quig & May, 1997).

6.3. La restriction de l'accès aux réponses prédominantes

La troisième fonction attribuée à l'inhibition par Hasher et al. (1999) est relative au contrôle du non-déclenchement de comportements dominants mais inappropriés pour la tâche en cours. Elle est chargée de **restreindre l'accès aux réponses prédominantes** (Collette & Van der Linden, 2001), c'est-à-dire de réfréner, sinon de supprimer les réponses comportementales sur-apprises, les automatismes devenus inadaptés à des situations nouvelles[48] (Boujon & Lemoine, 2002). De par ce mécanisme de contrôle, « l'inhibition permet de freiner, de diminuer, d'annuler les habitudes inutiles ou nuisibles, de suspendre celles qui sont inopportunes, de préciser celles qui sont grossières, de moduler celles qui sont mal adaptées » (Le Ny, 1992, p.132). En cela, elle constitue l'une des composantes essentielles de l'intelligence.

---

[48] Si les automatismes permettent en effet de répondre plus rapidement à des situations habituelles, dans certains cas en revanche (comme par exemple dans le test de Stroop où la présentation d'un mot ne veut pas dire qu'il faut le lire), ils vont aboutir à des réponses plus lentes, voire indaptées. Cette fonction de restriction de l'accès aux réponses prédominantes a donc un rôle fondamental dans les situations non routinières (Boujon & Lemoine, 2002).

De par ses différentes fonctions, l'inhibition est impliquée dans la résistance à « l'interférence cognitive, dans la résolution de la compétition entre représentations simultanément activées, dans le contrôle des contenus de la conscience et, plus largement, dans le contrôle de la pensée et de l'action » (Juhel, 2003, p. 127). Une telle « diversité d'actions » amène alors à douter du caractère unitaire des processus inhibiteurs.

7. Différentes modalités d'expression de l'inhibition, ou différents processus inhibiteurs ?

Comme le laissent supposer les éléments qui viennent d'être rapportés, le concept général d'inhibition renvoie à différentes modalités d'expression, sinon à des processus fonctionnellement différents (voir aussi Mc Dowd, 1997). Plusieurs formes d'inhibition ont ainsi été distinguées. Mais là encore, il existe des divergences entre auteurs au niveau des taxonomies établies (Bannon, Gonsalvez, Croft & Boyce, 2002), du fait de différences dans les critères de catégorisation considérés. Plusieurs auteurs opposent les processus inhibiteurs automatiques et ceux contrôlés. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous nous intéresserons essentiellement aux mécanismes inhibiteurs « exécutifs » - selon les termes de Nigg (2000) -, qui sont sous la dépendance des buts de l'individu.

Nigg (2000) évoque la notion de contrôle de l'interférence, en référence à deux processus distincts : le contrôle de l'interférence motrice et celui de l'interférence cognitive. Le premier renverrait au contrôle de l'interférence due à la compétition de stimuli ou de ressources, évoqué par de Ribaupierre et al. (2003) ; le second correspondrait à l'inhibition cognitive telle que l'entendent plusieurs auteurs (voir notamment Harnishfeger, 1995).

7.1. Le contrôle de l'interférence motrice, ou contrôle de l'interférence due à la compétition de stimuli ou de ressources

Le processus de contrôle de l'interférence motrice renvoie à la capacité à réaliser la réponse attendue en présence de stimuli « distracteurs » évoquant une réponse non adéquate pour la tâche en cours[49] (Dempster, 1993, cité par Nigg, 2000). Il implique plus précisément l'inhibition intentionnelle de réponses motrices ou vocales automatiques prédominantes, associées à ces stimuli distracteurs.

---

[49] Cependant, la définition donnée ici n'est pas partagée par tous. Pour Wilson et Kipp (1998), le contrôle de l'interférence motrice fait référence à un processus de suppression de stimuli non pertinents intervenant avant le stockage en mémoire de reconnaissance, tel que celui qui permet l'inhibition au cours de la lecture des sens non pertinents de mots polysémiques.

L'efficience du contrôle de l'interférence motrice peut être évaluée par diverses tâches impliquant une incompatibilité - une compétition - entre stimuli, dont le Stroop (Nigg, 2000 ; de Ribaupierre & al., 2003)[50]. Elle peut également être appréhendée par le test de Hayling (de Ribaupierre & al., 2003), ou encore par le paradigme de génération aléatoire de lettres ou de chiffres.

7.2. Le contrôle de l'interférence cognitive, ou l'inhibition cognitive

La définition de l'inhibition cognitive - ou du contrôle de l'interférence cognitive, selon les termes de Nigg - apparaît plus consensuelle. Elle fait référence à la suppression active des représentations non pertinentes en mémoire de travail (Wilson & Kipp, 1998). L'inhibition cognitive implique le contrôle des contenus et des traitements cognitifs (Harnishfeger, 1995). En d'autres termes, elle vise la mise à jour des représentations activées en mémoire de travail.

L'efficacité de l'inhibition cognitive peut être appréhendée à l'aide du paradigme d'oubli dirigé, d'épreuves d'interférence proactive (Nigg, 2000 ; de Ribaupierre & al., 2003), ou de tâches dites de mise à jour de la mémoire de travail.

La question reste ouverte de savoir dans quelle mesure le contrôle de l'interférence due à la compétition de stimuli ou de ressources – tel qu'opérationnalisé par le Stroop - et la suppression des représentations non pertinentes en mémoire de travail – tel qu'opérationnalisé par la tâche d'oubli dirigé - activent différents réseaux cérébraux. Toutefois et en attendant d'autres données, il apparaît pour Nigg (2000) que les recherches effectuées dans le domaine de la psychopathologie devraient bénéficier d'une distinction entre ces deux types de processus, à savoir :

* l'inhibition intentionnelle de réponses motrices ou vocales automatiques prédominantes, qu'il qualifie de contrôle de l'interférence motrice ; et
* le contrôle intentionnel de l'interférence en relation avec les contenus de la mémoire de travail, qui renverrait à la notion d'inhibition cognitive.

7.3. L'inhibition comportementale

Harnishfeger (1995) distingue encore l'inhibition cognitive, dont il vient d'être question, de l'inhibition comportementale. Pour l'auteur, celle-ci fait référence à la restriction – automatique ou intentionnelle - d'une réponse motrice. La résistance à la tentation, l'acceptation d'un délai avant d'être récompensé, l'inhibition motrice et le contrôle de l'impulsivité en constitueraient des exemples. Malgré certaines divergences cependant (voir

[50] Avec les très jeunes enfants, Nigg (2000) suggère d'utiliser la tâche piagétienne A-non-B pour juger de l'efficacité de ce processus. A l'instar de de Ribaupierre et al. (2003) cependant, nous pensons que l'épreuve développée par Piaget évaluerait plutôt l'inhibition comportementale. En tout état de cause, la tâche A-non-B permet d'évaluer la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

notamment Bunge, Ochsner, Desmond, Glover & Gabrieli, 2001[51]), l'inhibition comportementale est plus généralement définie comme la suppression contrôlée d'une réponse motrice dominante, réalisée de façon répétée ou prête à être exécutée (de Ribaupierre & al., 2003), en réponse à des changements environnementaux ou relatifs aux buts du sujet (Nigg, 2000).

L'évaluation de l'inhibition comportementale se fait habituellement au travers de tâches de suspension de l'action en réponse à un signal - *go/no go* ou *stop-signal* - (Nigg, 2000 ; de Ribaupierre & al., 2003).

Nous avons vu que le contrôle de l'interférence motrice fait référence à la suppression active d'une réponse prédominante, c'est-à-dire habituellement associée aux informations présentes dans l'environnement, mais non attendue. L'inhibition comportementale renvoie également à la suppression d'une réponse dominante, mais qui était attendue, réalisée intentionnellement et de manière répétée jusqu'à un changement de signal. Ce dernier processus relèverait ainsi d'un niveau d'intégration différent du premier, qui lui est supérieur. En effet, cette forme d'inhibition implique plus que des réactions : elle fait intervenir l'anticipation.

D'autres processus inhibiteurs sont mentionnés dans la littérature. Entre autres, Nigg (2000) évoque : l'inhibition impliquée dans l'orientation attentionnelle - dans l' « attention spatiale » -, qui renvoie notamment au phénomène d'inhibition de retour, celle à l'œuvre dans l'effet d'amorçage négatif, ainsi que l'inhibition oculomotrice.

7.4. L'inhibition de retour

Quand un stimulus apparaît dans un endroit précédemment sélectionné plusieurs centaines de millisecondes après la sélection, le temps requis pour détecter le stimulus est plus grand que lorsqu'il apparaît dans un endroit non sélectionné. Ce phénomène a été décrit pour la première fois en 1984 par Posner et Cohen, avant de recevoir en 1985 la dénomination d'inhibition de retour par Posner (Delamillieure, Mellet, Brazo & Dollfus, 2003). L'inhibition de retour reflèterait l'action d'un mécanisme attentionnel général « biaisant » l'attention en l'empêchant de retourner vers des localisations déjà explorées. En privilégiant la nouveauté, ce « mécanisme inhibiteur de l'attention visuelle » est supposé augmenter l'efficience de la recherche visuelle (Klein, 1988). Par là et comme c'est le cas plus généralement pour tout processus d'inhibition, il possèderait une fonction adaptative.

Compte tenu du fait qu'il s'agit d'un processus inhibiteur automatique, et non contrôlé, nous ne donnerons pas davantage de détails sur l'inhibition de retour.

---

[51] Pour Bunge et al. (2001), l'inhibition comportementale renvoie à la capacité à ignorer les informations non pertinentes, ainsi qu'à l'habileté à supprimer les réponses dominantes, qualifiée d'inhibition de la réponse.

7.5. L'inhibition en jeu dans l'amorçage négatif

Un processus d'inhibition est à la base de l'effet d'amorçage négatif, mis en évidence avec le paradigme du même nom. Toutefois, la question reste ouverte de savoir s'il s'agit d'un processus contrôlé ou automatique. Pour de Ribaupierre et al. (2003), la tâche d'amorçage négatif mettrait en jeu l'inhibition active du distracteur au moment de l'encodage. Pour Nigg (2000) en revanche, elle impliquerait la suppression automatique d'informations non pertinentes ayant accédé en mémoire de travail. Nous reviendrons sur ce point en abordant les principaux paradigmes utilisés pour l'évaluation des processus inhibiteurs.

7.6. L'inhibition oculomotrice

L'inhibition oculomotrice fait référence à l'inhibition contrôlée d'un mouvement saccadique réflexe (de Ribaupierre & al., 2003).

Son efficience peut être évaluée par le biais de paradigmes dits oculomoteurs, tels que la tâche d'antisaccade et ses variantes (Nigg, 2000). Dans la tâche d'antisaccade, le sujet a pour consigne d'orienter son regard dans la direction opposée à celle où apparaît un avertisseur périphérique. Deux processus sont à l'œuvre dans cette épreuve. Le sujet doit inhiber la prosaccade liée au réflexe d'orientation vers le stimulus avertisseur ; il doit ensuite initier une saccade oculaire dans la direction opposée (Juhel, 2003).

Différents types d'inhibition ont été distingués dans la littérature. Toutefois, il existe de nombreuses divergences quant à leur définition. Une meilleure spécification de ces processus est primordiale. L'établissement de liens entre ceux-ci et les fonctions attribuées à l'inhibition pourrait y contribuer. Parce qu'il nous semble que les principaux processus qui viennent d'être mentionnés peuvent chacun être associés, de manière plus ou moins évidente (voir en particulier Nigg, 2000 ; ainsi que de Ribaupierre & al., 2003 en ce qui concerne l'amorçage négatif), à l'une des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999), nous nous proposons d'en établir une typologie sur la base de ce critère – *i.e.*, des fonctions qu'ils remplissent -.

Nous avons également mentionné certains des principaux paradigmes qui permettent d'évaluer l'efficience des processus inhibiteurs évoqués. De fait et par l'intermédiaire de ceux qui leur sont associés, les trois fonctions conférées à l'inhibition pourraient être étudiées à travers un certain nombre d'épreuves.

8. Fonctions de l'inhibition, processus inhibiteurs et évaluation

Le contrôle de l'interférence motrice due à la compétition de stimuli ou de ressources et l'inhibition comportementale impliquent la suppression d'une réponse dominante, activée par le contexte de la tâche dans le premier cas, ou attendue et exécutée de manière répétitive jusqu'à un signal donné dans le second cas. Ces deux processus renverraient ainsi à la fonction de restriction de l'accès aux réponses prédominantes mais inappropriées pour la tâche en cours. C'est également le cas de l'inhibition oculomotrice, qui implique de réfréner une réponse réflexe d'orientation vers un stimulus visuel « avertisseur ».

Plusieurs paradigmes peuvent donc permettre d'étudier la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes. On peut ici citer le Stroop, classiquement utilisé pour évaluer l'efficience du contrôle de l'interférence motrice, ou encore le test de Hayling et le paradigme de génération aléatoire. C'est aussi le cas des tâches *go/ no go* ou *stop-signal*, qui impliquent la suspension de l'action en réponse à un signal et évaluent le processus d'inhibition comportementale. La fonction de restriction peut enfin être appréhendée au travers d'épreuves d'antissacade, habituellement employées comme mesures de l'inhibition oculomotrice.

L'inhibition cognitive, définie de manière consensuelle comme la suppression d'informations non pertinentes en mémoire de travail (Nigg, 2000), est liée à la fonction de nettoyage de la mémoire de travail.

De fait, celle-ci semble pouvoir être appréhendée par le biais d'épreuves d'oubli dirigé, d'interférence proactive (Nigg, 2000 ; de Ribaupierre & al., 2003), ou de mise à jour de la mémoire de travail.

Des désaccords apparaissent en ce qui concerne l'amorçage négatif. Pour Nigg (2000), cet effet mettrait en oeuvre la suppression d'informations non pertinentes en mémoire de travail, et renverrait par là à la fonction de nettoyage. Pour de Ribaupierre et al. (2003) en revanche, l'effet d'amorçage négatif impliquerait l'inhibition du distracteur au moment de l'encodage. Il serait alors associé à la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail. Cependant, du fait des divergences concernant les processus à l'œuvre dans l'effet d'amorçage négatif, l'utilisation d'épreuves d'attention sélective pour l'évaluation de la fonction d'accès nous semble plus assurée. Ces tâches exigent de focaliser l'attention sur une information-cible et d'inhiber l'information compétitive présente dans le contexte mais exclue par la consigne. Elles incluent notamment les épreuves de barrage, ainsi que le paradigme de Brown-Peterson.

Le tableau 2.1 permet de résumer les propositions venant d'être énoncées.

Tableau 2.1 : Fonctions attribuées à l'inhibition, processus inhibiteurs associés à ces fonctions et principaux paradigmes utilisés pour les évaluer

FONCTIONS DE L'INHIBITION	PROCESSUS INHIBITEURS	PARADIGMES
Contrôle de l'accès des informations en MDT	-processus inhibiteurs à l'œuvre dans l'attention sélective	-épreuves de barrage -paradigme de Brown-Peterson
Nettoyage de la MDT	-inhibition cognitive	-oubli dirigé -interférence proactive -mise à jour de la MDT
Restriction de l'accès à des réponses prédominantes	-contrôle de l'interférence motrice due à la compétition de stimuli ou de ressources -inhibition comportementale -inhibition oculomotrice	-Stroop -test de Hayling -génération aléatoire -*go/ no go* ou *stop signal* -épreuves d'antisaccade

9. Paradigmes utilisés pour évaluer l'inhibition

De nombreuses tâches sont utilisées pour évaluer l'efficience de l'inhibition, qui se caractérisent par leur extrême diversité (voir notamment Vom Hofe, Mainemarre & Vannier, 1998). Plusieurs taxonomies ont d'ailleurs été proposées concernant ces épreuves. Une fois encore, celles-ci diffèrent en fonction des critères de catégorisation retenus. Les épreuves d'inhibition ont été distinguées en fonction du domaine concerné – perception, apprentissage, activation sémantique - (McDowd & al., 1995), de la nature des représentations cognitives à inhiber – perceptives, conceptuelles ou motrices - (Camus, 1996), ou encore du caractère non conscient *vs* intentionnel de l'inhibition (Arbuthnott, 1995). De façon assez comparable, Kok (1999) sépare les paradigmes dits passifs de ceux dits actifs. Les premiers, qui permettent d'examiner des processus sensoriels précoces ou des formes élémentaires d'apprentissage, mettent en jeu des processus inhibiteurs involontaires. Les tâches d'orientation, d'habituation, ou d'inhibition latente semblent pouvoir être classées dans cette catégorie. Les seconds – *i.e.*, les paradigmes « actifs » -, considérés comme d'un plus haut niveau de prescription de l'action, impliquent une suppression active et intentionnelle de l'information ou de l'action non pertinente pour la tâche en cours. L'ensemble des épreuves qui nous avons évoquées (et qui apparaissent dans le tableau 1) – sauf peut-être le paradigme d'amorçage négatif - peuvent être considérées comme faisant partie des paradigmes actifs.

La catégorisation effectuée sur la base des domaines de la cognition concernés ne nous paraît pas suffisamment informative sur le rôle de l'inhibition, notamment au regard de la diversité des secteurs dans lesquels elle peut intervenir. Nous avons vu également qu'il n'est pas toujours possible de déterminer si la mise en oeuvre d'un processus d'inhibition relève ou non d'une intention du sujet. En revanche, la typologie réalisée sur la base de la nature des stimuli à inhiber nous paraît plus avisée. Ainsi, Dempster (1993) distingue trois formes d'interférence : motrice, perceptive et linguistique. L'auteur montre également que selon leur nature, les informations distractrices peuvent être inhibées plus ou moins tôt au cours du développement, et donc plus ou moins facilement. Pour autant, nous pensons que l'essentiel

pour notre propos ne réside pas tant dans la nature de l'information distractrice que dans le processus impliqué dans sa suppression. En d'autres termes, il nous semble que l'amélioration des connaissances sur l'inhibition passe essentiellement par une meilleure compréhension des fonctions jouées par les processus inhibiteurs, plutôt que par la détermination des secteurs de la cognition dans lesquels ils interviennent, ou de la nature des stimuli auxquels ils s'appliquent.

Nous nous intéressons au fonctionnement inhibiteur, et plus particulièrement à la question – sur laquelle nous allons revenir plus en détails - de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus d'inhibition. De fait, nous allons à présent aborder plusieurs paradigmes que nous avons employés lors des études empiriques menées dans le cadre de ce travail, dont nous considérons qu'ils permettent d'évaluer les trois fonctions attribuées à l'inhibition. Cette présentation, qui peut sembler fastidieuse, constitue selon nous un des principaux arguments en faveur de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs. Il apparaît en effet, au travers de celle-ci, que les paradigmes utilisés pour évaluer l'efficience inhibitrice sont très différents. Certaines tâches demandent des réponses simples et relativement automatiques, alors que d'autres relèvent de comportements extrêmement complexes. Par ailleurs, l'exposition de ces épreuves présente un intérêt d'un point de vue méthodologique. Elle vise en effet une meilleure appréciation des principes, fondements théoriques, et principales limites des instruments qui seront utilisés dans la suite de ce travail. Pour ne pas alourdir notre propos, nous n'aborderons pas les bases cérébrales en jeu dans la résolution de ces épreuves.

Nous évoquerons également quelques autres épreuves, soit parce que nous aurions voulu les utiliser, soit parce qu'elles sont très fréquemment employées dans les recherches sur l'inhibition, et que nous estimons par là leur présentation incontournable.

Dans tous les cas, les épreuves exposées sont regroupées selon la fonction jouée par le processus inhibiteur impliqué dans leur résolution.

9.1. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail

De Ribaupierre (2003) considère que le paradigme d'amorçage négatif requiert l'inhibition du distracteur au moment de l'encodage. De ce point de vue, il permettrait l'évaluation de la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail. Néanmoins, du fait du manque de consensus sur la nature des processus à l'œuvre dans l'effet d'amorçage négatif, nous n'utiliserons pas cette épreuve pour notre étude. En dépit de ce choix cependant, la présentation de ce paradigme nous semble s'imposer, en tant qu'il est l'objet d'un nombre considérable de travaux.

9.1.1. Le paradigme d'amorçage négatif

Le paradigme d'amorçage négatif (Tipper, 1985) a été développé spécifiquement pour étudier les processus inhibiteurs en jeu dans l'attention.

Dans la version classique de cette épreuve, le sujet a pour consigne de sélectionner – en le dénommant - à chaque essai un stimulus parmi deux présentés simultanément, l'un étant la cible, l'autre le distracteur.

> Par exemple, le sujet doit dénommer une chaussure apparaissant en rouge (couleur dans laquelle sont figurés les stimuli-cibles), tout en ignorant un cheval apparaissant en vert (couleur des distracteurs).

Le premier essai (essai n) est qualifié d'essai d'amorçage, le suivant (essai n+1) d'essai de test. Deux cas de figures se présentent alors : dans la condition de contrôle, la cible et le distracteur de l'essai de test n'ont aucune relation avec ceux de l'essai d'amorçage (arbre en rouge et voiture en vert, par exemple) ; dans la condition dite « liée », le distracteur de l'essai d'amorçage est la cible de l'essai de test (cheval en rouge, pomme en vert). Dans ce dernier cas, où la réponse à éviter à l'essai n est la réponse à émettre à l'essai n+1, on constate un ralentissement du temps mis par le sujet pour sélectionner la cible, ou parfois une augmentation du nombre d'erreurs commises (Adam, Van der Linden & Collette, 2001). Ce phénomène, et plus précisément la différence entre les temps de réaction enregistrés à l'essai de test pour la condition liée et la condition de contrôle (Coulon, 2002), est qualifié d'effet d'amorçage négatif (Tipper, 1985). Il a également été nommé effet de suppression du distracteur (Juhel, 2003).

Différentes hypothèses ont été émises pour expliquer l'effet d'amorçage (Boujon & Lemoine, 2002). Dans un premier temps, il a été interprété en considérant l'existence d'un processus attentionnel inhibiteur actif (Neill, 1977 ; Tipper, 1985). Pendant ou juste après la sélection de la cible au cours de l'essai d'amorçage, la représentation activée du distracteur, ou sa localisation, serait supprimée. Dans cette perspective, qui semble bien être celle de de Ribaupierre, c'est alors un résidu d'inhibition lié à ce premier essai – l'inhibition met en effet un certain temps à se dissiper (Bestgen & Dupont, 2000) - qui expliquerait l'augmentation de temps nécessaire à son traitement à l'essai de test, lors duquel ce stimulus constitue la cible (Adam & al., 2001 ; Le Bouedec & al., 2002).

D'autres interprétations peuvent être opposées à la conception de l'amorçage négatif comme indice direct de l'efficacité des processus inhibiteurs, notamment l'explication en termes de « recouvrement épisodique » (Kane, May, Hasher, Rahhal & Stoltzfus, 1997 ; Neill, 1997 ; Neill, Valdes, Terry & Gorfein, 1992), qui se base sur la théorie de l'automatisation de Logan (1988). Selon celle-ci, lors de la réalisation d'une tâche attentionnelle, le sujet encoderait automatiquement certaines caractéristiques du stimulus telles que son identité, sa localisation spatiale, son statut de cible ou de distracteur. La réapparition de l'item entraînerait le recouvrement automatique de ces traces mnésiques (Neill, 1997 ; Neill & al., 1992). Du fait du changement de statut du stimulus (de distracteur il devient cible) caractéristique de la tâche d'amorçage négatif, l'information contenue dans l'épisode récupéré interférerait avec la réponse correcte exigée par l'essai de test. En effet, la trace mnésique « dit » que l'item est à ignorer alors que, parce qu'il constitue désormais la cible, il doit être traité (Kane & al., 1997). L'effet d'amorçage négatif s'expliquerait ainsi par le conflit provoqué par l'activation

d'une représentation épisodique – non pertinente - avertissant de ne pas tenir compte du distracteur de l'essai d'amorçage[52] (Neill & al., 1995). Pour ce qui rejoint la perspective de Nigg, on peut considérer qu'une inhibition est ici nécessaire, pour supprimer la représentation distractrice ayant accédé en mémoire de travail.

Actuellement, l'hypothèse d'un double déterminisme est privilégiée (Fox, 1995 ; Kane & al., 1997 ; May, Kane & Hasher, 1995 ; Neill, 1997). Dans cette optique, l'amorçage négatif résulterait d'une part, de l'inhibition mise en place au cours du traitement de l'amorce et d'autre part, du recouvrement automatique de l'épisode d'amorçage lors de la présentation de l'essai de test. Nous pensons que dans les deux cas l'inhibition est en jeu, mais qu'il s'agit de fonctions différentes selon la perspective choisie.

L'effet d'amorçage négatif souffre également de problèmes méthodologiques. S'il est, nous l'avons vu, classiquement considéré comme un indicateur de l'efficacité des processus inhibiteurs, certaines observations remettent en cause la validité de cette mesure (Coulon, 2002). Par ailleurs, plusieurs auteurs ont souligné le manque de fidélité de l'effet d'amorçage négatif. Cela tient notamment à sa très faible taille - l'effet d'amorçage négatif est souvent inférieur à 20 ms - (Salthouse & Meinz, 1995). Aucune des quatre tâches d'amorçage négatif utilisées dans l'étude de Bestgen et Dupont (2000) ne présente une fidélité suffisante, et ce, contrairement au Stroop[53]. Au regard de ces résultats, l'effet d'amorçage négatif ne peut être considéré comme une mesure fidèle dans l'étude des différences individuelles au niveau de l'efficience inhibitrice.

Pour l'ensemble de ces raisons, le choix du paradigme d'amorçage négatif pour notre étude ne nous semble pas judicieux. Nous préférerons donc à cette épreuve celles d'attention sélective. Les tâches d'attention sélective – ou de filtrage - sont basées sur la présentation successive ou simultanée d'informations concurrentes dont certaines, qualifiées de distractrices, sont susceptibles de gêner le traitement de la cible. Ces épreuves incluent notamment les tâches d'écoute dichotique et celles de classification et de recherche visuelle (Dempster, 1992), parmi lesquelles les épreuves de barrages.

9.1.2. Les épreuves de barrages

Les épreuves de barrage sont utilisées de manière classique en neuropsychologie pour évaluer l'attention sélective. Celle-ci renvoie à la capacité du sujet « à investir les ressources

---

[52] Selon Boujon et Lemoine (2002, p. 95), ces explications en termes d'inhibition ou de recouvrement épisodique ont pour différence majeure le « sens du lien entre l'essai d'amorçage et l'essai de test ». L'inhibition est un mécanisme proactif : elle débute à l'essai d'amorçage, et ses conséquences apparaissent à l'essai de test. A l'inverse, le recouvrement épisodique est un mécanisme rétroactif qui implique la restitution, à l'essai de test, des traces mnésiques liées à l'essai d'amorçage.

[53] Le principal problème tiendrait à la très forte corrélation entre les scores obtenus dans la condition liée et dans la condition de contrôle. Pour les quatre tâches en effet, la valeur minimale du coefficient de corrélation est de 0,91. Or, il apparaît que plus forte est la corrélation entre les deux composants d'un score différentiel, plus faible est sa fidélité (Williams & Zimmerman, 1996). Un autre facteur influençant de manière importante la fidélité d'un score basé sur une différence est le ratio des variances des deux composants de ce score. Plus grande est la différence entre les variances, meilleure est la fidélité. Sur ce point encore et même si les raisons restent méconnues, le Stroop se montre supérieur à l'amorçage négatif. Pour autant, il convient de ne pas généraliser les résultats obtenus à partir des quatre tâches utilisées dans cette étude à l'ensemble des mesures d'amorçage négatif, dans toutes les conditions, et avec tous types de populations (Bestgen & Dupont, 2000).

de traitement dont il dispose sur les éléments pertinents de la situation ou de la tâche, tout en inhibant les éléments distracteurs » (Leclercq & Zimmermann, 2000, p. 101).

Dans les tâches dites « de barrage », le sujet a pour consigne de cocher un (ou plusieurs) item(s) cible(s) parmi un ensemble de distracteurs, le plus rapidement possible en un temps limité.

Dans le test d2 de Brickenkamp (1966, cité par Leclercq & Zimmermann, 2000), l'individu doit cocher – durant 20 secondes -, dans chacune des 14 lignes que comprend la tâche, la lettre d si elle est associée à deux apostrophes situées au-dessus et/ou en-dessous. Il doit pour ce faire ignorer les distracteurs, qui sont morphologiquement proches.

Dans l'épreuve de barrage de la BREV, batterie clinique qui permet l'évaluation des principales fonctions cognitives, l'enfant doit barrer tous les « 3 » d'une page format A4 composée de 16 lignes de 12 chiffres, le plus rapidement possible en une minute.

Dans tous les cas, le sujet doit donc, selon nous, empêcher aux informations non pertinentes au regard de la consigne d'accéder en mémoire de travail.

9.1.3. La tâche de Brown-Peterson

La tâche de Brown-Peterson constitue une mesure classique de la mémoire à court terme, largement utilisée en neuropsychologie clinique (Bherer, Belleville & Peretz, 2001). Pour d'autres auteurs et en tant qu'elle implique de coordonner le maintien des items en mémoire et la réalisation de la tâche distractrice, cette épreuve permet d'évaluer l'efficience de la mémoire de travail (Baddeley, 1986 ; Belleville, Peretz & Malenfant, 1996 ; Morris, 1986).

Dans la tâche de Brown-Peterson, l'expérimentateur présente au sujet une liste d'items d'une longueur inférieure à l'empan (par exemple, 3 consonnes) que le sujet doit ensuite rappeler dans l'ordre après un délai variable (souvent de 0 à 20 secondes). Durant ce délai, on empêche la répétition ou l'élaboration du matériel en demandant au sujet d'effectuer une tâche distractrice, qui peut être soit une simple activité motrice (comme taper sur la table avec le doigt), soit une tâche plus complexe (comme additionner des chiffres). Parce que le rappel différé des items présentés nécessite leur répétition continue, la tâche interférente a généralement pour conséquence une diminution de la performance lors du rappel, diminution d'autant plus importante que le délai précédent le rappel est long (Bherer & al., 2001). Les résultats de plusieurs études suggèrent également que la quantité de ressources cognitives requise par la tâche distractrice influe sur la performance. Le nombre d'items rappelés est fonction des demandes en termes de traitement de la tâche interférente (voir notamment Morris, 1986), celles-ci dépendant elles-mêmes de sa nature (Belleville & al., 1996).

Nous pensons pour notre part que les processus à l'œuvre dans cette épreuve diffèrent selon la tâche distractrice employée, et plus précisément selon sa complexité. En l'occurrence, il nous semble que lorsque la tâche interférente n'exige pas la manipulation d'informations en mémoire de travail – comme cela est le cas lorsque le sujet doit taper avec sa main sur la table, par exemple -, alors cette épreuve requiert « simplement » que les informations distractrices créées soient maintenues hors de la mémoire de travail. Avec une tâche telle distractrice, l'épreuve de Brown-Peterson permettrait alors d'évaluer la fonction de contrôle de l'accès. Dans les cas où des tâches distractrices plus exigeantes sont utilisées en revanche, telles que celle impliquant l'addition de chiffres, la fonction de nettoyage serait en jeu.

9.2. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail

Nous avons évoqué trois types d'épreuves qui, parce qu'ils sont associés à la mesure de l'inhibition cognitive, nous semble pouvoir permettre l'évaluation de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail : le paradigme d'oubli dirigé, les épreuves d'interférence proactive et celles de mise à jour.

9.2.1. Le paradigme d'oubli dirigé

Le paradigme d'oubli dirigé (*directed-forgetting, goal-directed forgetting*, ou *intentional forgetting paradigm*) a été développé par Bjork en 1989. Il consiste à présenter un ensemble d'items – souvent des mots - à des sujets, dont certains sont à oublier (IOA) et d'autres à retenir (IAR). Leur mémorisation est ensuite évaluée en rappel et en reconnaissance (Zacks & Hasher, 1994 ; Zacks & al., 1996). Les items sont indicés soit individuellement, soit en bloc. Les résultats observés, et par là les processus à l'œuvre, diffèrent en fonction du mode d'indiçage (Nigg, 2000 ; Vom Hofe, 2003).

Dans le premier cas, qui renvoie au mode d'indiçage item-par-item, le statut « item à oublier » ou « item à retenir » est indiqué - visuellement ou auditivement – soit immédiatement avant la présentation de l'item, soit simultanément, soit après. Ce mode d'indiçage entraîne généralement un meilleur rappel, ainsi qu'une meilleure reconnaissance, des mots ayant le statut d'items à retenir. Le fait que les mots IAR soit reconnus plus facilement que ceux IAO a été interprété en termes de répétition ou d'encodage sélectif (*selective rehearsal*) et non d'inhibition (Wilson & Kipp, 1998). Un encodage identique des deux types d'items, suivi de l'inhibition au rappel des items IAO, ne devrait pas aboutir à une moins bonne reconnaissance de ces derniers (Vom Hofe, 2003).

Dans la seconde version du paradigme où l'indiçage s'effectue par bloc, on présente aux sujets une première série d'items à retenir, puis on les informe d'une erreur d'instruction et ils sont alors invités à oublier ces items. Une deuxième série d'items leur est ensuite présentée, tandis qu'on demande finalement aux sujets de rappeler les mots de la première liste. Avec cette méthode et comme avec un mode individuel d'indiçage, le rappel est généralement meilleur pour les items IAR. Ce phénomène est qualifié d'effet d'oubli dirigé. En revanche et contrairement aux résultats obtenus avec la première version du paradigme, cet effet est habituellement associé à un taux de reconnaissance équivalent pour les deux types d'items (Nigg, 2000 ; Vom Hofe, 2003). Avec le mode d'indiçage par bloc en conséquence, l'effet d'oubli dirigé est interprété en termes d'inhibition de la récupération (*retrieval inhibition*) (Bjork, 1989, cité par Vom Hofe, 2003). Un processus d'inhibition cognitive est considéré comme à l'oeuvre dans cette tâche, qui supprime l'information qui n'est plus pertinente de la mémoire de travail, mais pas de la mémoire de reconnaissance (Wilson & Kipp, 1998).

Le paradigme d'oubli dirigé permet donc, lorsque les items sont indiçés par bloc, d'évaluer la capacité à supprimer au sein de la mémoire de travail les informations qui ne sont plus pertinentes (Zacks & Hasher, 1994). Nous avons souhaité l'employer dans le cadre de notre travail en tant que mesure de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail.

9.2.2. Les épreuves d'interférence proactive - et rétroactive -

Il s'agit dans ce type de tâches de présenter au sujet une première série de mots (A) qu'il doit rappeler, suivie d'une seconde série de mots (B) qu'il rappelle également. Enfin, l'individu doit rapporter de nouveau les mots de la première série (A).

L'interférence proactive fait référence aux intrusions des mots de la liste A lors du rappel de la liste B. Elle correspond donc, comme cela a été évoqué au début de ce chapitre, aux effets délétères d'un premier apprentissage sur un second. L'interférence rétroactive renvoie aux intrusions des mots de la liste B lors du dernier rappel de la liste A (voir notamment Passler, Issac & Hynd, 1985). Plusieurs études ont montré que les processus d'inhibition proactive sont acquis plus tôt que les processus d'inhibition rétroactive (Lussier & Flessas, 2001).

Les processus d'inhibition proactive sont impliqués dans la suppression des items de la première liste (série A), supposés ne plus être pertinents après leur rappel. Par là, nous considérerons qu'ils sont associés à la fonction de nettoyage de la mémoire de travail.

9.2.3. Le paradigme des paires associées

Le paradigme AB-AC, autrement appelé paradigme des paires associées (Neill & Mathis, 1998), est également supposé permettre l'examen de la sensibilité à l'interférence proactive en mémoire.

Cette tâche consiste à faire apprendre aux sujets une première liste de paires de mots associés (par exemple, arbre-toit), puis une seconde dans laquelle le premier mot de chaque paire est conservé, mais non le deuxième (par exemple, arbre-banc). Ce type de tâches implique donc l'inhibition d'une partie de l'information venant d'être apprise[54]. Par là, on peut considérer que le paradigme AB-AC permet d'évaluer la fonction de nettoyage attribuée à l'inhibition par Hasher et al. (1999).

Néanmoins, si l'épreuve AB-AC est classiquement considérée comme évaluant la capacité d'inhibition d'une information devenue non pertinente (Juhel, 2003), un certain nombre d'interrogations demeurent quant aux processus à l'œuvre dans cette tâche. Une perturbation de la mémoire explicite[55] pourrait davantage rendre compte des plus faibles performances des sujets âgés dans cette épreuve (Winocur, Moscovitch & Bruni, 1996). Une sensibilité accrue à l'interférence, qui se traduit par la présence d'un grand nombre d'intrusions dans une tâche AB-AC, pourrait ainsi être la conséquence de déficits se situant à plusieurs niveaux (Andrès & Van der Linden, 1998). De fait, nous préférerons au paradigme des paires associées l'épreuve d'interférence proactive précédemment évoquée.

---

[54] L'effet d'interférence proactive, et par là l'efficacité de l'inhibition, peut être mesuré soit directement par le nombre d'erreurs d'intrusions observées lors du rappel des mots associés de la seconde liste, soit plus indirectement par le ralentissement des réponses en situation de reconnaissance (Juhel, 2003).

[55] La mémoire explicite, ou plutôt les mémoires explicites, se distinguent de celles implicites selon que l'on peut ou non en exprimer verbalement le contenu.

9.2.4. Les épreuves de mise à jour ou de réactualisation de la mémoire de travail

Les tâches de mise à jour consistent à présenter aux sujets des séquences aléatoires d'items (des chiffres ou des lettres le plus souvent) de différentes longueurs, les sujets n'étant pas avertis de la longueur d'une séquence donnée. La consigne est de rappeler, dans l'ordre, les n derniers items de la séquence (Adam & al., 2001).

On peut ainsi demander à des enfants de rappeler les 3 derniers items d'une suite de chiffres :
6 4 1 9 3 ..... 1 9 3
7 5 9 2 ..... 5 9 2
6 9 4 7 2 9 ..... 7 2 9

Selon Morris et Jones (1990), la tâche de mise à jour serait sous-tendue par deux composantes indépendantes de la mémoire de travail : la boucle phonologique d'une part, qui est impliquée dans le rappel sériel de l'information, et l'administrateur central d'autre part, qui contribue plus spécifiquement au processus de mise à jour. Cette épreuve nécessite une flexibilité importante dans le traitement de l'information, ainsi qu'un changement progressif de l'attention (Adam & al., 2001). Parallèlement à la mémorisation des nouveaux items entrés dans la séquence, elle requiert la suppression active des items devenus non pertinents (Van der Linden & al., 1994). De fait, nous considérerons que l'épreuve de mise à jour permet l'évaluation de l'efficacité de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail, et l'utiliserons dans ce cadre.

9.3. Epreuves permettant l'évaluation de la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes

Trois types d'inhibition sont, à nos yeux, associés à la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes : le contrôle de l'interférence motrice, l'inhibition comportementale et l'inhibition oculomotrice. Plusieurs épreuves permettent d'évaluer ces différents processus. Nous commencerons par détailler la plus « célèbre », en l'occurrence le test de Stroop, associé au premier processus inhibiteur mentionné. Paradigme d'attention sélective dans les recherches expérimentales (Coulon, 2002), le Stroop représente également un instrument couramment employé dans les domaines de la neuropsychologie (Bench, Frith, Grasby, Friston, Paulesu, Frackowiak & Dollan, 1993 ; Blenner, 1993 ; Houdé & Joyes 1995 ; Kingma, Heij, Fasotti & Eling, 1996) et de la psychopathologie (Nigg, 2000). Il est fréquemment utilisé chez l'enfant (Barkley, 1997 ; Pennington & Ozonoff, 1996).

9.3.1. Le test de Stroop

Au milieu des années trente, John Ridley Stroop réalise un certain nombre d'expériences dans la lignée des recherches expérimentales menées depuis la fin du dix-neuvième siècle sur la détérioration des apprentissages (Coulon, 2002). Dans une première expérience, Stroop (1935) montre que la coloration d'un mot selon le principe d'incongruence

(il s'agit par exemple du mot « vert » imprimé en jaune) ne perturbe pratiquement pas la lecture[56]. Dans une deuxième expérience en revanche, l'auteur constate un effet perturbateur des combinaisons incongruentes lorsque le sujet doit dénommer les couleurs[57]. Sur la base de ces résultats, Stroop conclut que les associations formées entre les mots et la réponse de lecture sont plus fortes – et par là plus « efficaces » - que celles liant les couleurs et la réponse de dénomination. Ces expériences montrent que les mots retardent de manière consistante la dénomination de leur couleur d'inscription, tandis que l'effet inverse est en général minime, sinon absent. Cette asymétrie des effets d'interférence en faveur du mot est qualifiée d'effet Stroop (Coulon, 2002). Dans la littérature cependant, ce terme renvoie le plus souvent à l'interférence observée en dénomination.

Depuis sa conception, le test de Stroop est considéré comme une mesure de la sensibilité à l'interférence (Jensen, 1965), de la capacité d'un individu à porter son attention sur une dimension donnée d'un stimulus tout en ignorant celle non pertinente (Dempster, 1992). Pour autant, les débats théoriques se poursuivent, qui portent sur les processus à la base de cet effet (MacLeod, 1991).

Différentes hypothèses ont été formulées pour rendre compte de cette asymétrie des effets d'interférence (Coulon, 2002 ; Le Bouedec & al., 2002). L'effet Stroop a tout d'abord été interprété en termes de vitesses relatives de traitement[58], puis de degrés relatifs d'automaticité. Selon ce dernier point de vue, le processus le plus automatisé, la lecture, interférerait avec le moins automatique, la dénomination de couleurs (MacLeod & Dunbar, 1988 ; voir aussi Posner & Snyder, 1975). La dénomination de la couleur de l'encre requiert en effet que la réponse automatiquement activée par le mot, qualifiée de prédominante, soit activement supprimée au cours de la sélection des codes en compétition (Coulon, 2002 ; Salo, Nordahl, Possin, Leamon, Gibson, Galloway, Flynn, Henik, Pfefferbaum & Sullivan, 2002). L'interprétation de l'interférence est ainsi « étroitement associée à l'idée de résolution de conflit entre représentations compétitives » impliquant, « entre autres processus de contrôle cognitif, la suppression active de la réponse activée par l'information non pertinente » (Juhel, 2003, p. 137).

Pour Tipper, MacQueen et Brehaut (1988), la capacité à répondre correctement à la cible en supprimant le traitement automatique du distracteur est rendue possible par l'intervention d'un processus central d'« inhibition cognitive ». C'est aussi par un déficit au niveau de ce dernier que Bannon et al. (2002) expliquent les plus faibles performances réalisées à cette épreuve par des individus présentant des troubles obsessionnels compulsifs. En accord avec Barkley (1997) et Nigg (2000), nous considérons pour notre part que le test de Stroop est un marqueur du contrôle de l'interférence motrice.

---

[56] L'auteur fait état d'un allongement du temps non significatif de 5,6% lors de la lecture de mots colorés selon le principe d'incongruence, en comparaison avec la condition contrôle dans laquelle les mots sont colorés en noir.

[57] En présence d'un mot incongruent, le temps de dénomination est significativement allongé de 74,3% par rapport à la condition où le support de la couleur est un carré.

[58] Cette hypothèse, émise dans les années soixante-dix, part du postulat que les dimensions mot et couleur du stimulus Stroop sont traitées en parallèle jusqu'au niveau de l'élaboration de la réponse, mais avec des vitesses différentes. Le mot, qui bénéficie du traitement le plus rapide, a déjà activé le code d'une réponse quand la couleur active la réponse à produire. De ce point de vue, le processus le plus rapide interfère avec le plus lent. Toutefois, les manipulations du rapport des vitesses de traitement réalisées par MacLeod (1991) n'ont pas abouti à l'inversion du patron d'interférence lorsqu'elles étaient à l'avantage de la couleur. De fait, cette première hypothèse a été infirmée.

En tout état de cause, l'efficacité du processus d'inhibition à l'œuvre dans le Stroop est évaluée sur la base des temps de réaction[59] d'une part, et du nombre d'erreurs d'autre part (Bannon & al., 2002). Ces deux aspects doivent être considérés simultanément. Chez le sujet qui fait peu d'erreurs en effet, le ralentissement témoigne plus d'un exercice du contrôle stratégique que d'un échec de l'attention sélective (Coulon, 2002).

Dans une synthèse sur le sujet, MacLeod (1991) a montré que l'effet Stroop est robuste (voir aussi Kok, 1999) et généralisable à d'autres types de combinaisons et de tâches. Toutefois, un certain nombre de facteurs influencent la performance à cette épreuve. L'effet d'interférence est plus souvent mis en évidence lorsque la version classique du test est employée. Il est en revanche plus faible avec la version informatisée, lorsque les mots sont présentés individuellement sur écran[60] (Delamillieure & al., 2003). Borella, Delaloye et de Ribaupierre (2001) ont par ailleurs montré, par des manipulations de la prégnance de l'information non pertinente, que l'effet d'interférence est plus marqué lorsque l'information trompeuse est fortement activée que lorsqu'elle l'est plus faiblement. La compétence en lecture a également une influence : l'automatisation du décodage entraîne une augmentation de l'interférence (Rafal & Henik, 1994 ; Tzelgov, Henik & Berger, 1992). Enfin, le contexte social et affectif dans lequel se réalise la tâche de dénomination peut aussi moduler l'effet Stroop (Coulon, 2002).

Différents effets d'attente ont par ailleurs été mis en évidence avec certaines manipulations, qui dépendent du caractère majoritaire *vs* minoritaire des stimuli incongruents[61] – et finalement de la valeur prédictive de la dimension non pertinente - (Coulon, 2002), ou encore des proportions relatives des noms de couleur et de mots neutres[62] – séries de lettres ou noms d'animaux - (Tzelgov & al., 1992). Il ressort de ces études que le sujet tire des informations du contexte de présentation des items pour déterminer sa stratégie de contrôle de traitement du mot ; on parle alors de contrôle « réactif »[63] (Coulon, 2002). Celui-ci se traduit par des biais de pondération de l'information pertinente et de celle non pertinente, établis sur la base des attentes développées par le sujet. Ce « biais stratégique » vise à optimiser le traitement des stimuli majoritaires ; il a toutefois pour corollaire d'entraîner un coût pour les stimuli minoritaires.

---

[59] Selon Hillstrom et Logan (1997), l'effet Stroop est avant tout un effet de temps de réaction. L'interruption du processus automatique de lecture est possible au prix d'un ralentissement dans la performance de dénomination.

[60] De fait, les résultats d'études utilisant des versions différentes du Stroop ne doivent être comparés qu'avec précaution (voir aussi MacLeod, 1991).

[61] Quand, pour la majorité des essais, le mot est un bon prédicteur de la couleur, le sujet peut adopter une stratégie qui consiste à lire le mot. Cette stratégie, qui amène à une sous-estimation du pouvoir distracteur du mot, présente toutefois un coût dès que les dimensions sont incongruentes. Cela explique que le temps de traitement des stimuli incongruents augmente quand ils sont minoritaires (20%) par rapport à la condition où ils sont majoritaires (80%). De la même manière, quand les stimuli incongruents sont plus nombreux, la stratégie mise en place pour éviter la prise de contrôle de la réponse par le mot peut devenir désavantageuse pour les stimuli congruents (Coulon, 2002).

[62] L'effet d'interférence est dans ce cas inversement lié au pourcentage des noms de couleurs : la diminution de la proportion des noms de couleurs entraîne une augmentation des temps de réaction aux stimuli incongruents, sans affecter ceux aux stimuli neutres ou congruents (Tzelgov & al., 1992).

[63] La stratégie mise en place par le sujet est fonction des fréquences relatives – dont il est informé - des différents items, à savoir du pourcentage de stimuli incongruents dans le premier cas, et du pourcentage de noms de couleur dans le second cas. Elle dépend donc plus précisément de la nature des stimuli les plus fréquents.

En dépit de sa popularité en tant que mesure du contrôle de l'interférence –ainsi, ce test constitue l'épreuve la plus utilisée en neuropsychologie clinique pour évaluer les capacités d'inhibition (Van der Linden, Meulemans, Séron, Coyette, Andrès & Prairial, 2000), le test de Stroop possède un certain nombre de limites. Celles-ci sont dues à ses propriétés spécifiques. Le fait que cible et distracteur sont présentés simultanément ne permet pas de faire la part des choses entre ce qui revient, dans le contrôle de l'interférence, au processus d'inhibition, et ce qui tient à l'activation de la dénomination de la couleur (Delamillieure & al., 2003). En d'autres termes, l'effet d'interférence peut se concevoir autant comme un marqueur de l'efficacité de l'action simultanée des mécanismes d'amplification et d'inhibition impliqués dans la sélection de l'information pertinente que comme un indice de l'efficience du seul mécanisme d'inhibition (Juhel, 2003).

En accord avec plusieurs auteurs (voir notamment Barkley, 1997 ; Nigg, 2000), nous considérons que le Stroop évalue l'efficience du contrôle de l'interférence due à la compétition entre stimuli. Par là, il permet d'appréhender la fonction inhibitrice de restriction de l'accès à des réponses prédominantes. Le fait qu'il constitue un instrument classiquement employé en psychopathologie de l'enfant (Barkley, 1997), ainsi que ses caractéristiques psychométriques, ont présidé au choix de ce test pour notre étude. Outre une bonne validité, le Stroop présente ainsi une fidélité satisfaisante[64] (Bestgen & Dupont, 2000).

9.3.2. Le paradigme de génération aléatoire

Le paradigme de génération aléatoire consiste en la production au hasard de lettres ou de chiffres pendant un temps donné. Différents rythmes de production sont habituellement employés, la tâche étant d'autant plus difficile que le rythme imposé est rapide[65]. Les variables dépendantes considérées dans cette tâche sont la redondance des alternatives et le nombre de réponses stéréotypées (Salicé & Juhel, 2001).

Les performances à cette épreuve ont été interprétées dans le cadre de la théorie du Système Attentionnel Superviseur de Shallice, en termes d'inhibition contrôlée de schémas préexistants, sur-appris, s'imposant automatiquement à l'esprit (Baddeley, 1986). Ce paradigme permet donc d'évaluer la capacité à empêcher ou interrompre le déclenchement de réponses endogènes prégnantes en mémoire de travail, telles que la succession des nombres entiers ou celle des lettres de l'alphabet, stockées en mémoire à long terme (Juhel & Auffray, 1998 ; Salicé & Juhel, 2001).

Si elle pourrait ainsi permettre de mesurer la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes, néanmoins, d'autres facteurs influent sur la performance dans la tâche de génération aléatoire. C'est le cas de processus exécutifs plus généraux d'évaluation et de contrôle, tels que ceux de gestion de la tâche, de planification, de génération, de maintien et de chaînage des buts et des contraintes liés à la tâche, de monitoring, entre autres

---

[64] Bestgen et Dupont (2000) ont montré que le Stroop présente une fidélité satisfaisante, et ce, contrairement aux quatre tâches d'amorçage négatif utilisées dans l'étude. Cela semble tenir à deux choses : d'une part, à une plus faible corrélation entre les scores obtenus dans les deux conditions (condition interférence et condition contrôle) dans le cas du Stroop, et d'autre part, à une plus grande différence entre les variances des scores dans les deux conditions.

[65] Le fait que le passage d'un plan de récupération à un autre nécessite un certain laps de temps pourrait rendre compte de la diminution du caractère aléatoire des items produits lorsque le rythme imposé est plus rapide (Baddeley, 1996).

(Juhel, 2003 ; voir aussi Miyake, Friedman, Rettinger, Shah & Hegarty, 2001). De fait, nous n'emploierons pas cette épreuve dans le cadre de notre étude.

9.3.3. Le test de Hayling

L'épreuve de Hayling, développée par Burgess et Shallice (1996a), autoriserait l'examen de l'intégrité des processus d'inhibition sémantique (Collette & Van der Linden, 2001).

Dans cette tâche, les sujets ont pour consigne de compléter des phrases dont le dernier mot est manquant, et facilement prédictible par le contexte.

L'oiseau ramasse des brindilles pour construire son .....

Dans une première partie, condition dite d'initiation, les sujets complètent la phrase par le mot attendu.

L'oiseau ramasse des brindilles pour construire son NID.

Dans la seconde partie de l'épreuve, qualifiée de condition de suppression, ils doivent fournir un mot non « relié », *i.e.*, qui n'entretient aucun rapport avec le reste de la phrase.

L'oiseau ramasse des brindilles pour construire son CHAMEAU.

Parce que cette dernière condition requiert l'inhibition du mot automatiquement activé par le contexte, l'épreuve de Hayling pourrait être utilisée pour l'évaluation de l'efficacité de la fonction de restriction.

Plusieurs éléments sont à noter. Tout d'abord, les performances dans les deux parties de cette épreuve n'entretiennent pas de corrélation significative[66] (Burgess & Shallice, 1996b). Il ne semble donc pas y avoir de relation entre l'initiation et l'inhibition de la réponse ; ces deux capacités seraient dissociées (voir aussi Le Gall & al., 2002). Il apparaît ensuite que, chez des adultes « témoins » en tous cas, deux stratégies sont fréquemment utilisées dans la condition de suppression (Burgess & Shallice, 1996a). Ces stratégies sont plus ou moins exigeantes. La première consiste pour le sujet à dénommer des objets visibles dans la pièce où il se trouve, la seconde méthode à fournir successivement des mots d'une même catégorie sémantique. L'inhibition de la réponse automatique qui complète naturellement la phrase et l'utilisation d'une stratégie pourrait entretenir une relation causale mutuelle[67] : si un sujet doit être suffisamment bon « inhibiteur » pour développer une stratégie, la capacité de formuler une stratégie influe en retour sur les performances dans la condition de suppression, c'est-à-dire sur la capacité à inhiber la réponse dite reliée (Burgess & Shallice, 1996a). Lorsqu'un individu échoue à cette épreuve, il est alors difficile de déterminer ce qui revient à un trouble de l'inhibition, à une difficulté touchant la recherche de réponses non associées d'un point de vue sémantique, ou aux deux (Andrès & Van der Linden, 1998).

---

[66] Ainsi, Burgess et Shallice (1996a) n'ont pas mis en évidence de corrélation significative entre les performances de patients « antérieurs » dans les deux parties de l'épreuve de Hayling. Ces résultats suggèrent que l'initiation – ou les capacités de planification verbale - et la suppression d'une réponse dominante peuvent être affectées séparément.

[67] De façon plus générale, ce type de relation causale réciproque pourrait constituer une caractéristique notable des situations impliquant des processus exécutifs, en particulier de celles mettant en jeu les processus inhibiteurs (Le Gall & al., 2002).

L'épreuve de Hayling nous semblait particulièrement pertinente pour l'évaluation de la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes. A notre connaissance cependant, il n'existe pas encore de version adaptée aux populations infantiles. En outre, les difficultés rencontrées par certains anciens prématurés dans le domaine du langage – notamment au niveau lexical - auraient pu rendre hasardeuse l'interprétation de leurs performances à cette épreuve.

Les paradigmes dits de suspension de l'action, considérés comme des mesures de l'inhibition comportementale, permettent également d'évaluer l'efficacité de la fonction de restriction.

9.3.4. Les paradigmes de suspension de l'action : *go/no go* et *stop signal*

Les paradigme dits de suspension de l'action - *go/no go* et *stop-signal* - permettent d'évaluer l'efficience de l'inhibition comportementale (Vom Hofe, 2003). Plus précisément, ils constituent une mesure du contrôle délibéré d'une réponse motrice dominante sur la base de changements au niveau des indices contextuels (Nigg, 2000), c'est-à-dire en réponse à un signal.

Le paradigme de *stop-signal* apparaît plus élaboré d'un point de vue théorique (Logan, 1994). Il est généralement considéré comme le plus valide des paradigmes de ce type (Vom Hofe, 2003). Cette épreuve comporte deux sous-tâches concurrentes. Dans la tâche primaire dite « *go* », les sujets doivent répondre à un stimulus visuel, le plus souvent une lettre. Dans la tâche secondaire « *no go* » ou « *stop* », il leur faut suspendre de manière soudaine l'action – en l'occurrence, la réponse au stimulus *go* de la tâche primaire - prête à être exécutée (planifiée, voire en cours de réponse) en réponse à un signal, généralement auditif (Logan & Cowan, 1984). Ce dernier survient après l'apparition de la lettre dans un certain nombre (généralement dans 25% à 30%) des essais de la tâche *go* (Juhel, 2003), suivant un délai contrôlé de manière à rendre plus ou moins difficile l'inhibition de la réponse à la tâche primaire (Vom Hofe, 2003).

Selon le modèle théorique développé par Logan et Cowan (1984), le *horse-race model*, les deux sous-tâches impliqueraient des processus largement indépendants, l'un d'activation (processus *go*), et l'autre d'inhibition (processus *stop*). Ceux-ci interviendraient en parallèle dans le contrôle de l'exécution de la réponse. Ces deux processus se trouveraient alors en compétition, une course se produisant entre eux au terme de laquelle le processus terminant avant l'autre l'emporterait, déterminant la réussite ou l'échec du processus d'inhibition. En effet, une fois que le processus d'activation est lancé, celui d'inhibition doit être déclenché rapidement afin de pouvoir arrêter l'exécution de la tâche. Un échec dans cette tâche pourrait donc être dû à un déclenchement trop rapide du processus d'activation, ou à une mise en oeuvre trop lente du processus d'inhibition (Nigg, 2000). Mais une fois encore, l'interprétation des performances à ce type de tâches fait l'objet de débats (Juhel, 2003).

Pour évaluer la fonction de restriction, nous utiliserons donc des épreuves inspirées des travaux du neuropsychologue Luria : une épreuve d'attention sélective motrice, dite épreuve des Gestes Contraires (Glozman, 1999) ainsi qu'une tâche dite conflictuelle, basée sur des informations auditives (voir notamment Lussier & Flessas, 2001). Dans ces deux épreuves,

un déficit d'inhibition a pour conséquence que la réalisation du mouvement requis par la consigne –à savoir : taper une fois ou deux fois sur la table- tombe sous l'influence de facteurs extérieurs non pertinents[68].

Les principes de ces épreuves seront développés dans le sixième chapitre.

La fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes peut aussi être évaluée par le biais de paradigmes dits oculomoteurs, tels que la tâche d'antisaccade.

9.3.5. Le paradigme d'antisaccade

Dans l'épreuve d'antisaccade, le sujet a pour consigne d'orienter son regard dans la direction opposée à celle où apparaît un avertisseur périphérique. Comme cela a déjà été mentionné, deux processus sont à l'œuvre dans cette épreuve. Avant d'initier une saccade oculaire dans la direction opposée, le sujet doit en effet inhiber – de manière contrôlée[69] - la prosaccade liée au réflexe d'orientation vers le stimulus avertisseur.

De fait, ce type de paradigme a été employé pour tester l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez des enfants présentant le syndrome d'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention (Aman, Roberts & Pennington, 1998 ; Ross, Hommer, Brieger, Varley & Radant, 1994 ; Rothlind, Posner & Schaughency, 1991), souffrant de Troubles Obsessionnels Compulsifs (Rosenberg, Averbach, O'Hearn, Seymore, Birmaher & Sweeney, 1997), ou encore schizophrènes (Fukishima, Fukishima, Miyasaka & Yamashita, 1994).

D'autres épreuves sont couramment utilisées avec des populations supposées présenter un déficit d'inhibition. Nous pensons cependant qu'elles constituent des tâches plus « complexes » que les paradigmes qui viennent d'être présentés, au sens où elles mettent en jeu différents processus exécutifs. Néanmoins, il nous semble que ces tâches impliquent chacune au moins une des fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Nous commençons par détailler trois épreuves concernant lesquelles nous souhaitons tester l'hypothèse d'une contribution différentielle des fonctions inhibitrices : la Tour de Londres, l'épreuve d'empan à l'envers et les tâches de fluence verbale. Nous exposons ensuite les principes du *Wisconsin Card Sorting Test* et du *Trail Making Test*, couramment employés pour évaluer l'efficience inhibitrice. Nous évoquons enfin les mesures de la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ, en tant qu'elles nous paraissent également impliquer un contrôle inhibiteur.

---

[68] Dans l'épreuve des Gestes Contraires, le sujet doit effectuer un geste contraire à celui exécuté par l'examinateur. Par exemple, il doit frapper sur la table deux fois lorsque l'examinateur frappe une fois, et inversement. Un déficit inhibiteur se manifeste dans cette tâche par le fait que le sujet ne peut s'empêcher d'effectuer le même geste que l'examinateur (Van der Linden, Meulemans, Seron, Coyette, Andrès & Prairial, 2000).

[69] Il apparaît en effet que la performance à cette épreuve diminue à mesure que la charge en mémoire de travail augmente (Roberts, Hager & Heron, 1994).

9.4. Epreuves exécutives plus complexes

Nous évoquons maintenant quelques épreuves exécutives classiquement utilisées : la Tour de Londres, l'épreuve d'empan à l'envers, les tâches de fluence verbale, le *Wisconsin Card Sorting Test* et le *Trail Making Test.*

9.4.1. La Tour de Londres

Le test de la Tour de Londres (Shallice, 1982), qui est une variation de la tour de Hanoï, a pour but d'évaluer les processus dits de planification. Dans cette épreuve, ceux-ci sont sollicités afin de « générer et exécuter une séquence de mouvements dans un ordre précis pour atteindre un but donné » (Lussier, Guerin, Dufresne & Lassonde, 1998, p. 43).

On présente au sujet deux supports en bois surmontés chacun de trois tiges de hauteurs différentes, sur lesquelles sont enfilées trois boules de couleurs différentes. La tâche du sujet est de disposer les boules se trouvant sur le support « départ » de telle sorte qu'elles occupent les mêmes positions que sur le support « arrivée », tout en tenant compte d'un certain nombre de règles qui contraignent la façon dont chaque élément peut être déplacé. L'individu a douze modèles à reproduire, et ce, en faisant le moins de déplacements possible – *i.e.*, de permutations de boules d'une tige à l'autre. Les problèmes se définissent par le nombre minimum de mouvements nécessaires pour leur résolution, nombre qui varie entre trois et cinq. De celui-ci dépend – en partie au moins - le niveau de complexité du modèle à reproduire, ou plus précisément le niveau d'exigences en termes de stratégies et de demandes d'anticipation (Morris, Ahmed, Syed & Toone, 1993). Une planification complexe deviendrait nécessaire pour résoudre les modèles les plus difficiles (Shallice, 1982).

Les variables habituellement prises en compte pour cette épreuve sont le nombre de modèles réussis au premier essai en un minimum de déplacements – ce que Shallice appelait score de planification - et le nombre total d'essais pour reproduire les douze modèles. Cette dernière mesure reflèterait les capacités de mémoire de travail, les habiletés d'auto-correction, ou encore la flexibilité mentale, plutôt que l'efficience des processus de planification (Lussier & al., 1998). Nombre d'auteurs considèrent également le temps dit de planification, à savoir le temps pris par le sujet pour déplacer la première boule après la présentation du modèle. Pour autant, il semble que

cette variable ne constitue pas un indicateur suffisamment bon de la profondeur du traitement de la planification. Chez des jeunes adultes « normaux », le temps de planification ne corrèle pas de façon significative avec le nombre de modèles réussis au premier essais (Krikorian, Bartok & Gay, 1994, cités par Lussier & al., 1998). Des patients frontaux ne diffèrent pas non plus des témoins à ce niveau (Owen, Downes, Sahakian, Polkey & Robbins, 1990).

Plusieurs stratégies peuvent être utilisées lors de la résolution des épreuves telles que la Tour de Hanoï ou la Tour de Londres (voir notamment Simon, 1975, cité par Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000). La stratégie la plus fortement liée à la notion de planification, qui est aussi celle qui permet de résoudre les modèles en un minimum de déplacements, est la stratégie dite de *goal-recursion* (Carpenter, Just & Shell, cités par Miyake & al., 2000). Néanmoins, une stratégie alternative moins exigeante serait employée par la majorité des sujets, celle dite « perceptuelle » (Goel & Grafman, 1995). Dans ce cas,

chaque déplacement serait effectué de façon à rendre la configuration plus proche d'un point de vue perceptif de l'état final requis. Or, pour la plupart des problèmes, cette stratégie ne permet pas de satisfaire à la consigne qui est d'effectuer un nombre minimal de permutations. Dans cette perspective, l'inhibition est requise pour résister à la tendance naturelle de déplacer les boules selon la stratégie perceptuelle. De fait, Miyake et al. (2000) ont montré, par la comparaison de différents modèles d'équations structurales, que l'inhibition contribue aux performances de jeunes adultes dans une version informatisée de la Tour de Hanoï au cours de laquelle aucune indication n'était fournie aux sujets quant à la stratégie à adopter. Sous cette dernière condition et selon Goel et Grafman (1995), la Tour de Hanoï ne doit pas être envisagée comme évaluant la planification ; ce serait également le cas pour la Tour de Londres (Murji & DeLuca, 1998). En accord avec les auteurs cités, nous considérerons que cette dernière épreuve permet d'appréhender l'efficience inhibitrice, et plus précisément l'efficacité de la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

9.4.2. L'épreuve d'empan à l'envers

Dans l'épreuve d'empan à l'envers, le sujet doit rappeler des séquences de chiffres de plus en plus longues dans l'ordre inverse. La variable dépendante considérée est le nombre de séquences correctement rappelées.

En tant qu'elle requiert non seulement le stockage, mais aussi la manipulation d'informations, cette tâche serait sensible à une atteinte de l'administrateur central. Une performance beaucoup plus faible dans la condition empan à l'envers par comparaison à l'empan à l'endroit pourrait ainsi refléter un dysfonctionnement de ce système central de gestion attentionnelle. Au plan théorique en effet, la comparaison des deux types d'empan reposerait sur l'interprétation selon laquelle l'empan de chiffres à l'endroit dépendrait essentiellement de la boucle phonologique, alors que l'empan à l'envers dépendrait non seulement de la boucle phonologique mais également de l'administrateur central (voir Grégoire & Van der Linden, 1997).

Selon nous, deux des fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) seraient impliquées dans la performance à l'épreuve d'empan à l'envers : la fonction de nettoyage d'une part, celle de restriction d'autre part. Cette tâche implique en effet une mise à jour constante des informations activées en mémoire de travail, chaque chiffre devenant « non pertinent » suite à son rappel. Elle requiert également l'inhibition de la réponse prédominante dans le contexte, à savoir le rappel des items dans l'ordre dans lequel ils ont été présentés.

9.4.3. Les tâches de fluence verbale

Les tâches de fluence verbale, couramment utilisées en neuropsychologie, permettent notamment d'évaluer « l'intégrité du stock lexico-sémantique et les processus stratégiques de récupération des mots en mémoire » (Gierski & Ergis, 2004, p.332). Dans ce type de tâches, le sujet doit rechercher activement des mots répondant à un critère donné ; il doit aussi inhiber, parmi l'ensemble des mots activés, ceux qui ne répondent pas à la consigne. De fait, ces épreuves ont été utilisées pour tester l'hypothèse d'un déficit d'inhibition dans certaines populations, et notamment chez les sujets âgés (Juhel, 2003). La variable dépendante le plus

souvent prise en compte est le nombre de mots produits dans le temps imparti. Le nombre d'erreurs et/ou le nombre de répétitions sont aussi couramment considérés.

Différentes épreuves de fluence verbale peuvent être distinguées : les tâches de fluence catégorielle, celles de fluence lexicale et celles de fluence de lettre à exclure. Toutes consistent en la production d'un maximum de mots en un temps donné. Les mots fournis doivent appartenir à la même catégorie sémantique dans la tâche de fluence catégorielle (ou sémantique), commencer par la même lettre pour ce qui concerne l'épreuve de fluence lexicale (ou phonémique), ou ne pas contenir une lettre donnée dans le cas de la fluence de lettre à exclure. On considère habituellement que les tâches de fluence sémantique sont plus simples que celles de fluence lexicale (Gierski & Ergis, 2004). Les épreuves de fluence de lettre à exclure sont beaucoup moins utilisées que les premières.

Les tâches de fluence verbale sont considérées comme complexes au sens où elles impliquent différents processus exécutifs. De faibles performances à ces épreuves peuvent notamment être interprétées en termes de réduction des ressources de l'exécutif central, de déficit dans l'exercice de contrôle, de ralentissement de la production de mots par l'interférence créée par les réponses antérieures, aussi bien que par une moindre capacité à inhiber des associations non pertinentes. Par ailleurs, les tâches de fluence verbale font également intervenir le processus de planification et celui de suppression d'une réponse habituelle, à savoir l'utilisation des mots en fonction de leur signification (Salicé & Juhel, sous presse, cités par Juhel, 2003).

Sur la base de ces éléments, nous testerons l'hypothèse de l'implication dans les tâches de fluence verbale de la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail, et de celle de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

9.4.4. Le *Wisconsin Card Sorting Test* ou WCST

A l'origine, le *Wisconsin Card Sorting Test* a été élaboré afin d'évaluer la flexibilité cognitive de populations adultes « normales » (Berg, 1948, cité par Dempster, 1992), c'est-à-dire l'aptitude à changer de stratégie cognitive en réponse aux modifications de l'environnement. Mais, parce qu'il est apparu particulièrement sensible aux désordres frontaux[70] (Milner, 1963, cité par Dempster, 1992 ; voir aussi Konishi, Hayashi, Uchida, Kikyo, Takahashi & Miyashita, 2002), ce test est fréquemment employé lorsqu'une lésion frontale est suspectée.

Dans cette épreuve, le sujet doit classer des cartes en fonction de certains critères (par exemple, la couleur, le nombre ou la forme des items figurés sur les cartes). Le sujet n'est jamais informé explicitement du critère de classement en cours mais doit le découvrir de manière pragmatique, en formulant des hypothèses et en tenant compte de l'information que lui fournit l'examinateur. Après dix classements consécutifs corrects en fonction d'une dimension, le critère est brusquement changé sans que le sujet en soit averti. Ce dernier doit alors réaliser que la règle de classement a changé, et modifier en conséquence son mode de réponse. Deux

[70] Plusieurs auteurs ont fait état de plus faibles performances à cette tâche chez des humains et chez des singes présentant une lésion du cortex frontal latéral. Un certain nombre d'études ayant utilisé l'imagerie cérébrale ont également mis en évidence une forte activation dans la région latérale du cortex frontal lors de la réalisation du paradigme de *set shifting* (Konishi & al., 2002). Le changement de critère, c'est-à-dire l'inhibition de la stratégie antérieure de catégorisation au profit d'une nouvelle stratégie, entraîne une activation spécifique du gyrus frontal inférieur gauche (Houdé, 2003).

mesures principales sont habituellement considérées[71], qui reflètent des mécanismes partiellement différents : le nombre de catégories accomplies (*i.e.,* le nombre de règles pour lesquelles le critère de dix classements consécutifs corrects a été atteint), qui permet d'évaluer la flexibilité ; et le nombre – ou le pourcentage - d'erreurs persévératives, qui permet d'appréhender l'efficience de l'inhibition des réponses précédemment valides.

Dans les paradigmes dits de *set shifting* dérivés de cette épreuve, le sujet doit modifier ses comportements en réponse aux *feedback* environnementaux. Plus précisément, l'individu doit remplacer un pattern comportemental basé sur une dimension particulière et maintenu pendant une certaine période de temps par un autre, sur la base d'indices en provenance de l'environnement (Konishi & al., 2002). Outre la fonction de flexibilité cognitive, ce type d'épreuves implique ainsi l'inhibition de choix stratégiques devenus non pertinents, au profit d'une nouvelle stratégie (Houdé, 2003). Ainsi, il nous semble que les paradigmes inspirés du WCST devraient permettre d'évaluer la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes, en l'occurrence de l'accès à des réponses effectuées selon une stratégie valide – et validée - à plusieurs reprises.

9.4.5. Le *Trail Making Test* ou TMT

Le *Trail Making Test*, issu de l'*Army Individual Test Battery* (1944), constitue probablement le test de flexibilité réactive le plus ancien. Cette épreuve permet également d'évaluer l'attention, les capacités de recherche visuelle et les habiletés motrices.

Cette épreuve comporte deux parties. Dans la première partie, le sujet doit relier, à l'aide d'un crayon et dans l'ordre numérique croissant, des nombres (de 1 à 25) disposés pseudo-aléatoirement sur une feuille. Dans seconde la partie, il doit relier alternativement et dans l'ordre croissant des nombres et des lettres (1-A-2-B-3-C...). Dans cette épreuve, les variables considérées sont d'une part le temps mis par le sujet pour effectuer les deux parties et d'autre part, pour la seconde partie, le nombre d'erreurs dans l'alternance entre les nombres et les lettres.

Nous pensons que le *Trail Making Test*, comme par ailleurs le *Wisconsin Card Sorting Test* et l'épreuve de génération aléatoire, pourrait être utilisé pour évaluer la fonction inhibitrice de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

Par ailleurs et comme nous l'avons déjà mentionné, certains auteurs ont appréhendé l'inhibition, ou plutôt l'efficience inhibitrice, par le biais de mesures relatives à la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ. Nous pensons également que les épreuves classiquement employées pour évaluer cette dimension permettent d'appréhender l'une des fonctions inhibitrices, en l'occurrence la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

---

[71] La performance à cette tâche est plus précisément reflétée par six mesures différentes : le nombre de catégories accomplies ; le nombre de réponses correctes ; le nombre d'erreurs (tout classement qui ne correspond pas à une catégorie correcte) ; le nombre d'erreurs persévératives ; le nombre d'erreurs non persévératives ; et le nombre de réponses dites persévératives (tout classement s'effectuant en fonction de la catégorie qui était correcte précédemment mais qui ne l'est plus actuellement).

9.4.6. Les mesures de la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ

Les mesures de la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ, telles que le test des Figures Encastrées (*Embedded Figures Test*, voir notamment Oltman, Raskin & Witkin, 1985), semblent pouvoir être utilisées pour l'évaluation de l'efficience de l'inhibition. La réussite à ces épreuves nécessite en effet que le sujet, face à des indices visuels en compétition, inhibe la tendance à répondre au plus saillant des deux (Dempster, 1992). Par là, nous supposons que ces épreuves permettent d'évaluer la fonction de restriction.

Comme plusieurs auteurs, nous pensons donc qu'il existe un lien entre la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ et l'efficacité du contrôle inhibiteur. Ainsi et selon Pascual-Leone (1989), les individus plutôt dépendants du champ se caractérisent par une fonction de restriction (*interrupt function*) moins efficace, source de difficultés lors de l'inhibition d'informations distractrices. Comme attendu au regard de l'hypothèse formulée par l'auteur, leurs performances varient en fonction de la quantité d'indices non pertinents. Dans les situations où les informations visuelles distractrices sont peu nombreuses, les performances des individus dépendants à l'égard du champ sont équivalentes à celles des sujets plus indépendants (de Ribaupierre, 1989).

Un argument supplémentaire en faveur de la relation entre la dépendance / indépendance à l'égard du champ et l'efficience inhibitrice est que les performances dans les épreuves évaluant le caractère dépendant *vs* indépendant du champ connaissent une évolution développementale similaire à celle caractéristique des épreuves classiquement employées pour mesurer l'efficience des processus inhibiteurs. Les enfants deviennent de plus en plus indépendants du champ à mesure qu'ils grandissent, jusqu'au milieu de l'adolescence (Witkin & Goodenough, 1981). Et comparés aux jeunes adultes, les sujets âgés ont davantage de difficultés dans les épreuves telles que celle des Figures Encastrées (Dempster, 1992).

Du fait de contraintes temporelles essentiellement, nous n'utiliserons pas cette épreuve dans le cadre de notre travail. Pour autant, nous pensons qu'il serait intéressant de vérifier l'implication de la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes lors de la résolution de cette tâche.

10. Limites méthodologiques inhérentes aux épreuves d'inhibition

Certains éléments sont à noter relativement aux paradigmes qui viennent d'être détaillés. Tout d'abord, de nombreuses variables ont une influence sur l'efficience inhibitrice, qu'il n'est pas toujours possible de prendre en compte. Ensuite, un certain nombre de problèmes ont été évoqués, relatifs à la plupart des épreuves employées pour évaluer l'efficacité de l'inhibition. Plusieurs auteurs, qui se sont intéressés aux propriétés psychométriques de diverses mesures du fonctionnement inhibiteur, ont fait état de coefficients de fidélité et de validité faibles.

10.1. Variables influençant les performances aux épreuves d'inhibition

De très nombreuses variables – il est d'ailleurs impossible d'en établir une liste exhaustive - ont une influence sur les performances aux épreuves dites d'inhibition. Pour ce qui concerne les principaux facteurs connus, Juhel et Auffray (1998) ont fait état de corrélations significatives – et positives - entre l'efficacité des processus inhibiteurs et le niveau d'études d'une part ($r = 0,28$), le niveau d'activité intellectuelle d'autre part ($r = 0,23$). Le contrôle de ces deux variables a pour conséquence une réduction substantielle de la variance liée à l'âge au niveau des scores à des tâches supposées évaluer l'efficience inhibitrice[72]. De fait, le niveau d'études et le niveau d'activité intellectuelle constituent deux sources importantes de variabilité du pouvoir prédictif des variables d'inhibition. Les effets des différents processus inhibiteurs semblent également modulés par certains facteurs tels que les traits de tempérament, les stimulations contextuelles, l'éveil et la motivation (Sergeant, Oosterlaan & Van der Meere, 1999, cités par Nigg, 2000). En revanche, le niveau d'anxiété ne semble pas avoir d'effet sur les performances aux épreuves d'inhibition (Juhel & Auffray, 1998).

Il convient ainsi de tenir compte de l'influence de certaines variables lors de l'évaluation de l'inhibition, et en particulier du niveau d'études et du niveau d'activité intellectuelle.

10.2. Propriétés psychométriques des mesures de l'inhibition

Pour ce qui constitue davantage une limite méthodologique, des insuffisances au niveau de la fidélité des épreuves dites d'inhibition ont souvent été mentionnées, notamment en ce qui concerne le paradigme d'amorçage négatif (Bestgen & Dupont, 2000 ; Salthouse & Meinz, 1995). De fait, le développement de mesures fidèles de l'inhibition – ou plutôt, des différents processus inhibiteurs - apparaît nécessaire.

Plus fondamentalement cependant, il apparaît que la validité des mesures d'inhibition habituellement utilisées est largement insuffisante, et ce, tant au plan théorique que psychométrique (Juhel, 2003 ; voir aussi Vom Hofe, 1998). Pour l'auteur, cela tient essentiellement au manque de connaissances clairement établies sur la nature des opérations cognitives sollicitées par ces tâches (voir aussi Coulon, 2002 en ce qui concerne l'amorçage négatif ; et Andrès & Van der Linden, 1998 pour la tâche AB-AC). En effet, les épreuves classiquement employées pour évaluer l'inhibition sont pour la plupart « impures », sous-tendues par différents processus (Le Gall & al., 2002). Comme nous avons pu le voir, c'est en particulier le cas des épreuves de génération aléatoire et de fluence verbale (Juhel, 2003), du test de Hayling (Andrès & Van der Linden, 1998), ainsi que du WCST (Konishi & al., 2002). De fait, l'interprétation des performances des sujets à ces épreuves est souvent difficile : des comportements *a priori* similaires dans une tâche donnée peuvent avoir des causes bien différentes (Le Gall & al., 2002). Les résultats d'études, à la fois en psychologie du

[72] L'effet modérateur de ces deux variables considérées simultanément se traduit ainsi par une réduction de 42 % de la variance liée à l'âge pour l'épreuve Génération de Chiffres, et de 51 % en ce qui concerne le Stroop (Juhel & Auffray, 1998).

développement et en neuropsychologie, peuvent même fréquemment être expliqués sans faire référence aux processus d'inhibition (Kimberg & Farah, 2001). Vom Hofe et al. (1998) ont ainsi montré que les scores issus du paradigme d'amorçage négatif, pourtant considérés comme des marqueurs de l'« inhibition cognitive », ne sont pas toujours interprétables en ces termes. Des processus non inhibiteurs tels que l'occlusion (qui fait référence au blocage d'une représentation d'accessibilité moins élevée), la diffusion de ressources (l'activation étant ici considérée comme une ressource limitée distribuée entre les différents liens) ou l'affaiblissement des associations (c'est-à-dire la diminution d'une association en raison du développement concurrent d'une autre) permettent également d'expliquer les effets cognitifs mis en évidence avec les épreuves d'inhibition (voir notamment Band & van Boxtel, 1999). **Enfin et pour ce qui nous intéresse tout particulièrement, lorsque les auteurs s'accordent sur l'implication de l'inhibition dans une épreuve donnée, il reste encore à déterminer quelle fonction exactement est en jeu.**

L'ensemble des éléments qui ont été notés relativement à la notion générale d'inhibition amène à plusieurs constats. Nous avons vu tout d'abord qu'il existe des divergences concernant sa définition, et surtout concernant les aspects du contrôle inhibiteur qui sont mis en avant. Diverses modalités de ce contrôle ont été distinguées, qui semblent bien être le fait de processus inhibiteurs différents. En effet, leurs actions paraissent extrêmement variées, concernent de nombreux domaines de la cognition, s'exercent sur des stimuli de différentes natures et surtout, nous semble t'il, jouent des fonctions distinctes. Nous avons ensuite détaillé un certain nombre d'épreuves classiquement utilisées pour évaluer l'inhibition. Ces paradigmes, comme d'ailleurs les processus auxquels ils renvoient, se caractérisent par une extrême diversité. Enfin, nous avons soulevé quelques problèmes d'ordre méthodologique relatifs à ces épreuves. Il est notamment apparu qu'il est difficile de déterminer ce que les tâches dites d'inhibition mesurent réellement.

Pour l'ensemble de ces raisons et parce qu'elle est nécessaire au développement d'instruments d'évaluation valides, une meilleure spécification de ce concept apparaît indispensable (Le Gall & al., 2002 ; voir aussi Adam & al., 2001). Elle est d'autant plus urgente qu'il semble que l'inhibition ne constitue pas un construit unitaire.

11. Unité *vs* diversité fonctionnelle des processus d'inhibition

Comme cela a déjà été mentionné, le concept général d'inhibition renvoie probablement à des processus multiples, fonctionnellement différents (McDowd, 1997 ; Moulin, Perfect, Conway, North, Jones & James, 2002 ; Nigg, 2000). Il reste alors à déterminer si ceux-ci peuvent être « unifiés » en un mécanisme unique chargé du contrôle inhibiteur ou si, à l'inverse, il convient de distinguer différentes fonctions inhibitrices et, par là, d'abandonner la notion trop générale d'inhibition. Cette question de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs fait actuellement l'objet de débats (Juhel, 2003 ; Neill & al., 1995 ; voir aussi Andrès et Van der Linden, 2000 ; Hartman & Hasher, 1991 ; Vom Hofe, 2003).

Un certain nombre de données développementales, relatives aux performances des individus dans plusieurs épreuves employées pour mesurer l'efficience inhibitrice, semblent aller dans le sens de l'unité du construit d'inhibition.

11.1. Des données développementales comme argument en faveur de l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs

L'intérêt pour l'approche développementale de l'interférence, et en particulier de l'effet Stroop, date du début des années soixante (Le Bouedec & al., 2002). Comalli, Wapner et Werner (1962) furent ainsi parmi les premiers à montrer, avec 200 sujets âgés de 7 à 80 ans, que l'effet Stroop présente une évolution en forme de U. L'effet d'interférence commence à se manifester vers l'âge de 7 ans, au moment où l'enfant commence à lire. Cet effet connaît alors son maximum développemental. Il diminue ensuite progressivement jusqu'à l'âge adulte, atteint son niveau asymptotique, et s'y maintient pendant plusieurs années. Vers l'âge de 60-65 ans, l'interférence commence à augmenter ; cette ascension se poursuit au-delà de 80 ans. Les observations de Comalli relatives au développement de l'effet Stroop ont été plusieurs fois confirmées (Coulon, 2002 ; Dempster, 1992 ; Le Bouedec & al., 2002).

Une évolution similaire caractérise les performances des individus dans différentes épreuves classiquement employées pour évaluer l'efficience de l'inhibition. Celles-ci connaissent un perfectionnement au cours de l'enfance, et subissent un déclin du fait du vieillissement.

Une amélioration des résultats à mesure que l'enfant avance en âge a été observée avec les paradigmes d'attention sélective (Plude & Hoyer, 1985), d'oubli dirigé (Nigg, 2000), de rappel de mots indicés (Bjorklund & Harnishfeger, 1990), ou de suspension de l'action en réponse à un signal (Schachar & Logan, 1990). C'est également le cas pour des épreuves exécutives plus complexes telles que le WCST (Chelune & Baer, 1986), pour les tâches de traitement de texte (voir Light & Burke, 1988 pour revue), comme par ailleurs pour celles développées par Piaget. Un pattern identique caractérise les performances des enfants dans les tâches mesurant la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ, considérées comme impliquant un contrôle inhibiteur (Witkin & Goodenough, 1981).

Par ailleurs et comparés aux jeunes adultes, les sujets âgés montrent davantage de difficultés dans les tâches d'attention sélective – et ce, d'autant plus que le nombre de distracteurs augmente - (Plude & Hoyer, 1985), comme lors de la suppression des informations qui ne sont plus pertinentes (Nigg, 2000 ; voir aussi Hahser & Zacks, 1988). Ils obtiennent également de plus faibles scores au WCST[73] (Davis, Cohen, Gandy, Colombo, VanDusseldorp, Simolke & Romano, 1990 ; Haaland, Vranes, Goodwin & Garry, 1987), dans les tâches utilisées pour mesurer l'efficacité du traitement de texte (Light & Burke, 1988), ainsi que dans les épreuves piagétiennes de conservation ou d'inclusion de classes[74]. Enfin, les sujets âgés ont davantage de difficultés dans les épreuves telles que celle des Figures Encastrées (Dempster, 1992).

---

[73] Au WCST, les performances des sujets âgés se caractérisent généralement par une diminution du nombre de catégories réalisées (Davis & al., 1990 ; Haaland & al., 1987) et une augmentation du nombre d'erreurs persévératives (Davis & al., 1990).

[74] Les résultats des adultes âgés dans les tâches développées par Piaget sont toutefois supérieurs à ceux des enfants d'âge scolaire. Il faut encore noter que les conservations apparaissant en premier au cours du développement sont celles qui sont préservées le plus longtemps.

D'autres processus exécutifs pourraient cependant rendre compte de l'évolution liée à l'âge des performances dans les épreuves mentionnées. C'est le cas de l'attention sélective (Comalli & al., 1962), des capacités de contrôle (Coulon, 2002), de la vitesse de traitement de l'information (Verhaegen & DeMeersman, 1998), ou encore des stratégies métacognitives (Zelazo & Frye, 1999).

Pour autant, il semble bien que des processus d'inhibition sont impliqués dans les différences liées à l'âge observées dans les épreuves évoquées. En ce qui concerne le Stroop par exemple, cette hypothèse se base notamment sur l'observation d'une diminution régulière, entre six et dix-huit ans, d'un type d'erreurs dites d'intrusion (Rand, Wapner, Werner & McFarland, 1963). Ces erreurs, imputées à un défaut d'inhibition, incluent le fait de lire le mot au lieu de dénommer la couleur ainsi que les réponses « contaminées » telles que, en anglais, '*gred*', '*brue*' ou '*reen*'. Une diminution progressive des erreurs d'intrusion au cours de la période scolaire a également été observée avec le paradigme de rappel de mots indicés : la proportion des erreurs d'intrusion est ainsi passée de 22% à l'âge de 3 ans à 9% du total de mots rappelés à l'âge de 11 ans (Bjorklund & Harnisfeger, 1990).

Il ressort de ces données que les performances dans diverses épreuves d'inhibition connaissent un développement relativement semblable, qui conforte l'idée du caractère unitaire des différents processus inhibiteurs impliqués dans les tâches évoquées. Selon cette perspective, ceux-ci pourraient être « fusionnés » en un mécanisme d'ordre général, qui verrait son efficience croître progressivement au cours de la période scolaire et jusqu'au milieu de l'adolescence environ, puis décliner tout aussi graduellement à l'âge adulte avancé.

Les performances des individus dans les épreuves d'inhibition évoluent de manière similaire avec l'âge, en tous cas dans la forme. En d'autres termes, elles connaissent des trajectoires développementales analogues. Néanmoins, le rythme de ce développement varie en fonction des épreuves. Ainsi, le niveau « asymptotique », ici entendu comme le niveau de performance moyen des adultes, est atteint plus ou moins précocement en fonction de la tâche considérée. Par exemple, l'inhibition réussie des items « à oublier » dans les épreuves d'oubli dirigé est manifeste vers l'âge de 10 ans (Nigg, 2000). A ce même âge, les performances des enfants en ce qui concerne le nombre de catégories complétées au WCST sont équivalentes à celles des adultes « normaux ». Pour ce qui est des erreurs de persévération dues à un défaut d'inhibition de la stratégie choisie antérieurement, le niveau de performances moyen des adultes est atteint à l'âge de 12 ans (Chelune & Baer, 1986). Les performances des enfants dans les épreuves évaluant la dépendance *vs* indépendance à l'égard du champ, qui impliquent l'inhibition de stimuli visuels saillants, se stabilisent un peu plus tardivement – vers une plus grande indépendance à l'égard du champ -, au milieu de l'adolescence (Witkin & Goodenough, 1981). Enfin et comme cela a déjà été signalé, les performances au Stroop n'atteignent leur niveau asymptotique qu'à l'âge adulte (Comalli & al., 1962).

Des différences au niveau du domaine de la cognition concerné, ou encore au niveau de la nature des stimuli à inhiber, pourraient rendre compte d'une partie de ces résultats. Les résultats de certaines études qui ont porté plus précisément sur l'évolution du contrôle inhibiteur chez des enfants (Dempster, 1993 ; Harnishfeger, 1995) appuient cette dernière proposition. Dempster (1993) s'intéresse au développement des capacités de résistance à l'interférence chez l'enfant. Il distingue trois formes d'interférence – ou plutôt de résistance à l'interférence : l'interférence motrice, qui concerne la capacité à résister à la répétition d'un acte moteur devenu non approprié ; l'interférence perceptive, qui renvoie à la capacité à résister à la distraction engendrée par des stimuli visuels prégnants ; et l'interférence de forme linguistique, qui concerne la capacité à résister à l'interférence provenant de la composante

linguistique de la tâche, non pertinente au regard de la consigne. Selon Dempster, ces trois formes de résistance à l'interférence ne se développent pas au même rythme. La diminution de la sensibilité de l'enfant à l'un des types d'interférence s'accompagne de l'augmentation de la sensibilité à un autre type. Jusque l'âge de 2 ans, le jeune enfant serait particulièrement sensible à l'interférence de forme motrice. Sa sensibilité à ce type d'interférence diminuerait ensuite, parallèlement à un accroissement de la sensibilité à l'interférence perceptive. Vers l'âge de 6 ans, l'enfant deviendrait moins sensible à l'interférence perceptive, mais plus sensible à l'interférence de forme linguistique. A partir de 8 ans enfin, l'enfant se montrerait un peu moins sensible à ces trois formes d'interférence. De la même manière, Passler et al. (1985) ont montré que les performances à des tâches « conflictuelles » - qui mettent en jeu de l'information distractrice - connaissent un pic à 6 ans lorsqu'elles impliquent un matériel verbal, à 8 ans lorsqu'elles portent sur des informations non-verbales. Ces observations montrent que les informations distractrices sont, selon leur nature, inhibées plus ou moins tôt au cours du développement, et donc plus ou moins facilement. L'inhibition des réponses motrices non pertinentes pour l'activité en cours serait réalisée relativement précocement. Les stimuli perceptifs seraient correctement supprimés un peu plus tardivement, mais plus tôt que les stimuli de nature linguistique.

De fait, les différences observées entre épreuves au niveau de la période à laquelle est atteint le niveau « adulte » ne remettent pas en cause l'hypothèse de l'unité fonctionnelle des processus d'inhibition. A l'inverse, plusieurs arguments ont été émis à l'encontre de cette idée.

11.2. Arguments en faveur de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs

Outre les distinctions réalisées par plusieurs auteurs – et qui, comme d'ailleurs les définitions données du concept d'inhibition, varient entre eux - (Barkley, 1997 ; Harnishfeger, 1995 ; Nigg, 2000), différents phénomènes semblent appuyer l'idée du caractère non unitaire des processus inhibiteurs, du point de vue de leur fonction :

- l'extrême diversité des situations dans lesquelles l'inhibition apparaît exercer une influence et, de fait, la grande variété des paradigmes utilisés pour en évaluer l'efficience ;
- les résultats d'études corrélationnelles ; ainsi que
- l'observation de dissociations dans certaines populations spécifiques.

11.2.1. L'extrême diversité des situations et des paradigmes impliquant un contrôle inhibiteur

De nombreuses situations requièrent la mise en oeuvre du contrôle inhibiteur. Comme nous avons pu le voir, il est admis que celui-ci a un rôle essentiel dans des domaines variés de la cognition : la perception et l'attention, la mémoire, la production et la compréhension verbale, le raisonnement analogique, entre autres. De façon plus générale, l'inhibition est impliquée dans de nombreuses activités de la vie quotidienne (Vom Hofe, 2003), comme par

exemple dans la conduite automobile ou lors de la poursuite d'une conversation dans un environnement bruyant. L'inhibition[75] peut donc être considérée comme référant à un processus cognitif de base, doté d'un pouvoir explicatif considérable. Toutefois, la variété des situations dans lesquelles l'inhibition joue un rôle critique conduit à douter du caractère unitaire de ce phénomène (Dempster, 1992).

De la même manière, la diversité des paradigmes utilisés pour évaluer l'efficience inhibitrice – ceux-ci incluent des épreuves expérimentales, cliniques et des marqueurs du développement cognitif tels que les tâches piagétiennes - amène à s'interroger sur l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs. La description des principales épreuves employées dans ce domaine avait ainsi pour but, notamment, de révéler le caractère hétéroclite des épreuves d'inhibition. Il paraît alors peu probable que les manifestations de l'inhibition inférées à partir de ces épreuves puissent représenter un phénomène unitaire. L'hypothèse du caractère non-unidimensionnel du concept de contrôle inhibiteur est confortée par le fait que des recherches utilisant différents paradigmes - comme les tâches de filtrage, de désactivation en mémoire de travail de représentations non pertinentes, ou encore de suspension de l'action - n'ont pas abouti à des résultats homogènes.

En outre, la référence à un processus global d'inhibition impliquerait que des corrélations relativement élevées soient mises en évidence entre les différentes tâches d'inhibition. Or, cela ne semble pas avoir été observé jusqu'à présent.

11.2.2. Les résultats d'études corrélationnelles

Peu d'études empiriques ont porté sur les relations entre les différentes mesures de l'inhibition. Toutefois, les premières données semblent aller dans le sens de la non-unité des processus inhibiteurs (Nigg, 2000).

Plusieurs auteurs ont fait état de corrélations faibles entre l'effet d'interférence au Stroop et l'effet d'amorçage négatif d'une part (Hartman & Hasher, 1991), les performances à l'épreuve de *stop-signal* d'autre part (Pennington, 1997). Ces observations suggèrent que le test de Stroop n'évalue pas les mêmes « facettes » de l'inhibition que les tâches d'amorçage négatif et de suspension de l'action en réponse à un signal. Il n'a pas non plus été possible de mettre en évidence de corrélations suffisamment fortes entre ces deux dernières épreuves chez des sujets âgés (Kramer, Humphrey, Larish, Logan & Strayer, 1994). Si les hypothèses que nous avons émises s'accordent avec la plupart de ces résultats, nous nous attendions à ce que des corrélations relativement élevées soient observées entre le test de Stroop et l'épreuve de *stop-signal*. En effet, nous pensons que ces tâches permettent toutes deux d'évaluer la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes, induites par le contexte dans cas du Stroop, ou effectuées de manière répétitive en ce qui concerne la tâche de suspension de l'action à un signal. Une explication pourrait alors être avancée pour expliquer la faible corrélation observée entre ces deux épreuves, qui aurait cependant pour conséquence de limiter la portée des conclusions de ces études corrélationnelles. Elle se fonde sur l'existence de particularités inhérentes à ces différentes tâches, ou, en d'autres termes, au problème posé par leur caractère « impur », problème d'ailleurs caractéristique des épreuves exécutives.

---

[75] Dempster (1992) évoque ici la résistance à l'interférence, notion dont nous pensons qu'elle est l'équivalent de celle générale d'inhibition.

Ainsi, Shilling, Chetwynd et Rabbitt (2002) n'ont pas mis en évidence de corrélations significatives entre des tâches d'inhibition pourtant fonctionnellement analogues, en l'occurrence des variantes de type Stroop. Les auteurs interprètent ce résultat par le fait que les types de stimuli en jeu dans ces épreuves sont trop spécifiques pour que le processus commun de résistance à l'interférence puisse être mis en évidence. De la même manière, le fait que Andrès et Van der Linden (2000) n'aient pas constaté de relation claire entre le test de Hayling et la Tour de Londres pourrait s'expliquer en tant qu'il s'agit d'épreuves complexes, qui font intervenir de multiples processus exécutifs et non-exécutifs.

Par ailleurs, Vom Hofe et al. (1998) se sont intéressés aux liens entre différentes mesures « objectives » de l'inhibition et le *Cognitive Failure Questionnaire*[76] (ou CFQ). Ce questionnaire, développé par Broadbent, Cooper, Fitzgerald et Parkes (1982), est relatif à la sensibilité à la distraction dans les tâches cognitives de la vie quotidienne. Les mesures d'inhibition consistaient en : deux tâches d'amorçage négatif - dont une tâche d'amorçage à la localisation, la tâche de Tipper, et une tâche dérivée du Stroop, deux tâches d'inhibition proactive (Harnishfeger & Bjorklund, 1993 ; Wegner, 1989, cité par Vom Hofe & al., 1998), ainsi que le *Trail Making Test* et une épreuve de génération aléatoire de chiffres (Baddeley, 1996), qui nécessitent toutes deux le blocage du « déroulement automatique d'un schéma de récupération de l'information symbolique » (Vom Hofe & al., 1998, p. 56). Le CFQ apparaît entretenir des corrélations positives fortes avec le *Trail Making Test* et la tâche de Tipper, à l'opposé de ce qui était attendu dans le dernier cas. En accord avec la littérature, la corrélation entre ce questionnaire et la tâche d'amorçage dérivée du Stroop est faible, et négative. Aucun des autres indicateurs de l'inhibition n'entretient de relation notable avec le CFQ. Ce pattern très hétérogène de corrélations ne va pas dans le sens de l'hypothèse du caractère unitaire du construit d'inhibition (Vom Hofe & al., 1998).

Pour ce qui concerne toujours les liens entre le questionnaire de Broadbent et les principales mesures de l'inhibition, Kramer et al. (1994) ont retrouvé chez des âgés la corrélation significative entre des scores élevés au CFQ et un effet d'amorçage négatif faible, déjà observée par Tipper et Baylis (1987). Dans cette même population en revanche, les scores au CFQ ne corrèlent pas de façon significative avec les performances dans une tâche d'arrêt au signal. Par ailleurs, il apparaît que des faibles performances dans cette dernière épreuve sont associées de façon significative à des scores élevés à l'échelle d'impulsivité d'Eysenck (Logan, Schachar & Tannock, 1997).

Pour Nigg (2000), les résultats de ces études[77] constituent un argument empirique en faveur de la distinction effectuée entre l'« inhibition cognitive », telle qu'opérationnalisée par l'effet d'amorçage négatif, et l'« inhibition comportementale », notamment mesurée par la tâche d'arrêt au signal. Les résultats d'autres recherches appuient cette distinction. Certains auteurs ont fait état de corrélations significatives entre les performances à des tâches évaluant l'inhibition comportementale d'une part, et entre les performances à des tâches évaluant l'inhibition cognitive d'autre part. A l'inverse, les performances à des épreuves impliquant

---

[76] Développé pour constituer une alternative aux tâches de laboratoire utilisées pour mettre en évidence les difficultés dans la cognition quotidienne, le *Cognitive Failure Questionnaire* (Broadbent & al., 1982) évalue la prédisposition aux fautes d'attention légères, aux pannes de mémoire et aux ratés de la planification de l'action (Vom Hofe, 2003).

[77] Les résultats de ces différentes études suggèrent par ailleurs que certains des auto-questionnaires de personnalité peuvent être liés à plusieurs mesures, « bien choisies », de l'inhibition (Nigg, 2000). C'est également le cas des hétéro-questionnaires : un lien significatif a été observé entre les performances d'enfants de 5 ans dans une version adaptée du Stroop et l'évaluation réalisée par leurs parents concernant leurs capacités de contrôle inhibiteur, et ce, par le biais du *Rothbart's Child Behavior Questionnary* (Kochanska, Murray & Coy, 1997).

différents types d'inhibition ne sont pas inter-corrélées (Bannon & al., 2002). De la même manière, Olson (1989) a mis en évidence une structure trifactorielle où l'inhibition cognitive se différencie de deux facteurs renvoyant à l'inhibition comportementale, en l'occurrence l'inhibition motrice et l'acceptation d'un délai avant la récompense. Ces deux derniers facteurs sont corrélés entre eux, mais non avec le premier.

Finalement, il ressort des études corrélationnelles mentionnées que, en fonction des procédures employées, des aspects différents de l'inhibition sont mesurés (Juhel, Salicé & Auffray, 2000). Il faut toutefois tenir compte du fait que les différences de traits de surface entre les tâches peuvent masquer leur composante commune d'inhibition (voir notamment Shilling & al., 2002). En effet, d'autres processus que celui qu'est censé mesurer la tâche interviennent lors de la résolution d'une épreuve donnée (Pennequin, Nanty & Khomsi, 2004 ; voir aussi Miyake & al., 2000). Ce problème d' « impureté » a, nous l'avons vu, pour conséquence de limiter la formulation de conclusions à partir des résultats des études basées sur l'analyse de corrélations entre épreuves d'inhibition.

Néanmoins, certains auteurs ont fait état de liens significatifs entre différents marqueurs de l'inhibition. Contrairement à ce que nous attendions, Van der Linden, Bruyer, Roland et Schils (1993) ont ainsi mis en évidence une corrélation significative entre l'apprentissage de la deuxième liste dans une tâche de type AB-AC et la performance dans la condition d'interférence au Stroop, chez des patients frontaux. C'est également le cas de Juhel et Auffray (1998) qui ont observé une corrélation de .385 ($p < .001$) entre l'épreuve de Génération Aléatoire de Chiffres et le Stroop. Pour les auteurs, la relative convergence entre ces deux épreuves, indépendamment des effets de l'âge et de certaines variables modératrices telles que le niveau d'activité intellectuelle et le niveau d'études, constitue un argument empirique en faveur de l'unité du construit d'inhibition. Nous pensons pour notre part que la corrélation observée entre ces deux tâches s'explique en tant qu'elles évaluent toutes deux l'une des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999), en l'occurrence la fonction de restriction de l'accès à une réponse dominante[78]. Nous fondons notre supposition sur le fait que certaines études ont mis en évidence des corrélations significatives entre les performances à des tâches renvoyant à un même type d'inhibition - à savoir entre des tâches évaluant l'inhibition comportementale d'une part, et entre des tâches évaluant l'inhibition cognitive d'autre part -, mais non entre les performances à des épreuves renvoyant à des types distincts d'inhibition (Bannon & al., 2002).

Pour terminer sur ce point et pour ce qui rend encore plus ardue l'interprétation des résultats de ces études, il faut noter que les relations entre épreuves supposées mesurer l'inhibition varient avec l'âge. Moutier (1997) a cherché à éprouver l'hypothèse d'une relation entre les performances déductives et l'efficience inhibitrice chez deux groupes d'enfants âgés de 7-8 ans et de 10-11 ans. Quatre syllogismes « pièges », entraînant un biais de croyance, ont été utilisés comme mesures du raisonnement déductif[79]. Le Stroop, le *Trail Making Test* (TMT) et le *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST) ont servi à évaluer l'efficience de l'inhibition. Chez les enfants de 7-8 ans, la réussite à l'épreuve des syllogismes est

---

[78] En conséquence, il nous semble hâtif de suggérer l'unicité du construit d'inhibition, ou la validité convergente des mesures d'inhibition, sur la base de ces seuls résultats.

[79] L'exemple de syllogisme donné par l'auteur, adapté de la recherche d'Evans et Perry (1995, cités par Moutier, 1997, p. 281), est celui-ci :
« *Les élephants mangent du foin.*
Le foin n'est pas lourd.
Est-ce qu'il s'en suit que les éléphants sont lourds ? »

indépendante des réussites au Stroop et au TMT ; à l'inverse, elle est liée à la réussite au WCST. Chez les enfants plus âgés en revanche, les performances à l'épreuve des syllogismes sont corrélées à celles aux trois tests de l'efficience inhibitrice. Le fait que les capacités d'inhibition ne soient pas assez importantes et/ou trop dépendantes des spécificités de chaque test pourrait expliquer le lien limité entre la résistance au biais de croyance et l'efficience inhibitrice des enfants les plus jeunes (Moutier, 1997). En d'autres termes, on retrouve là encore le problème d' « impureté » déjà évoqué, problème qui pourrait être particulièrement notable en ce qui concerne les individus inhibiteurs inefficients.

Les résultats des études qui viennent d'être évoquées suggèrent que la notion d'inhibition renvoie en fait à des processus exerçant différentes fonctions. L'observation de patterns de dissociation dans certaines populations irait aussi dans ce sens.

11.2.3. L'observation de patterns de dissociation dans certaines populations spécifiques

Les distinctions effectuées par plusieurs auteurs entre différents types de processus inhibiteurs, et en particulier celle proposée entre l'inhibition comportementale et l'inhibition cognitive (Harnishfeger, 1995), semblent supportées par un certain nombre de sources (Bannon & al., 2002). Celles-ci incluent des études cas-témoins relatives à des populations spécifiques, des recherches comparant les performances de groupes de patients, et d'autres sur les effets du vieillissement au niveau des processus cognitifs. Ces recherches visent notamment à déterminer si certaines populations particulières souffrent d'un déficit général d'inhibition (voir à ce sujet Nigg, 2000) qui expliquerait leurs difficultés dans un certain nombre de tâches, ou si au contraire elles présentent un seul (voire plusieurs) déficit(s) spécifique(s), n'affectant que certains des processus inhibiteurs (Bannon & al., 2002).

Plusieurs études ont montré que, comparés à des témoins, des individus souffrant de troubles particuliers présentent des déficits spécifiques d'inhibition : ceux-ci se traduisent par de plus faibles performances dans certaines tâches impliquant un contrôle inhibiteur, mais non dans d'autres. Nigg, Butler, Huang-Polock et Henderson (2001, cités par Bannon & al., 2002) ont mis en évidence des difficultés à inhiber la réponse d'orientation réflexe dans une tâche d'antisaccade chez des individus souffrant du syndrome d'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention, en comparaison avec des sujets contrôle. En revanche, les premiers ne manifestent pas de problème lors de l'inhibition de l'information non pertinente dans une tâche d'amorçage négatif.

Les études comparatives portant sur plusieurs groupes de patients ont confirmé que les processus d'inhibition sont différemment touchés en fonction de la pathologie présentée (Bannon & al., 2002). Shaw et Giambra (1993) ont comparé les performances cognitives d'individus présentant un syndrome hyperkinétique à celles d'individus souffrant d'un trouble de l'attention sans hyperactivité. Les sujets présentant un syndrome d'Hyperactivité avec Trouble Déficitaire de l'Attention ont des difficultés à inhiber les réponses automatiquement activées par le contexte de la tâche. Chez ces individus et pour ce qui rejoint les observations de Nigg & al. (2001, cités par Bannon & al., 2002), le déficit d'inhibition toucherait essentiellement la fonction de restriction, associée au contrôle de l'interférence d'une réponse motrice. Chez les sujets qui souffrent d'un trouble de l'attention sans hyperactivité en revanche, le déficit se situerait au niveau du contrôle des contenus de la mémoire de travail, c'est-à-dire de la fonction inhibitrice de Nettoyage. Il concernerait donc spécifiquement l'inhibition cognitive (voir aussi Nigg, 2000).

Enfin, les différents processus chargés du contrôle inhibiteur ne sont pas également affectés par le vieillissement. Comparés aux sujets jeunes, les âgés réalisent de plus faibles performances dans des tâches d'amorçage négatif d'identification, qui se traduisent par une réduction de l'effet d'amorçage (Juhel, 2003 ; Le Bouedec & al., 2002). En revanche, les performances des deux groupes ne diffèrent pas dans les tâches d'amorçage de localisation (Zacks & Hasher, 1994). Connelly et Hasher (1993) ont proposé l'existence de systèmes inhibiteurs multiples, sous-tendus par des voies neurologiques différentes. L'un renverrait à l'inhibition de l'identité de l'information, et l'autre à l'inhibition de sa localisation (voir aussi May & al., 1995). Ces deux systèmes seraient différemment affectés par le vieillissement normal. Le système 'où' (système de la localisation) ne serait pas altéré par celui-ci ; le système 'quoi' (système de l'analyse de l'objet permettant son identification) subirait un déclin avec l'âge, au cours du vieillissement (Connelly & Hasher, 1993). Ces résultats ne s'accordent pas avec l'hypothèse d'un déficit global d'inhibition lié à l'âge. Hartley (1993) a par ailleurs utilisé une variante de la tâche Stroop pour examiner les effets du vieillissement sur l'attention sélective. Il fait état de faibles différences entre les deux sujets jeunes et les sujets âgés dans une première condition *color block* dans laquelle l'attention peut être guidée vers la localisation, les stimuli étant contigus d'un point de vue spatial. A l'inverse, Hartley a montré que les effets de l'âge sont importants lorsque l'attention doit être dirigée sur une caractéristique du stimulus parmi plusieurs. Dans cette deuxième condition *color word* où les deux composants sont réunis sur un même stimulus, l'amplitude de l'effet Stroop est significativement plus grande chez les sujets âgés comparés aux jeunes. Comme ceux évoqués précédemment, ces résultats suggèrent que le déficit d'inhibition lié au vieillissement n'est pas un phénomène global.

Finalement, un certain nombre de données laissent à penser que l'inhibition ne constitue pas un construit unitaire. On peut citer ici : la très grande diversité des épreuves employées pour évaluer l'efficience inhibitrice, les résultats d'études basées sur l'analyse de corrélations entre les principales mesures de l'inhibition, ainsi que l'observation de déficits inhibiteurs spécifiques, plutôt que globaux, dans certaines populations pathologiques comme par ailleurs chez les sujets âgés. Il convient cependant de tenir compte des réserves émises liées au caractère impur des épreuves d'inhibition.

Considérant le caractère non-unitaire de la notion d'inhibition, une meilleure spécification des processus inhibiteurs et de la structure des mesures utilisées pour en évaluer l'efficience est nécessaire (Nigg, 2000). Il importe également de déterminer les contributions relatives de ces différents processus dans les différences liées à l'âge (Dempster, 1992), comme dans les spécificités du fonctionnement cognitif présentées par diverses populations.

Toutefois, la valeur explicative des processus inhibiteurs apparaît subordonnée à la mise en évidence du réseau de variables au sein duquel celles d'inhibition sont insérées (Vom Hofe, 1998). Il convient alors de clarifier les relations entre les différents processus inhibiteurs, ou les différentes fonctions attribuées à l'inhibition, et d'autres notions[80] telles que la résistance à l'interférence, la mémoire de travail et la vitesse de traitement de l'information (Adam & al., 2001 ; Juhel, 2003 ; Juhel & Auffray, 1998 ; Vom Hofe, 1998).

---

[80] Il faut cependant tenir compte du fait que la diversité des processus sous-tendant l'effet d'inhibition ainsi que la différence de disponibilité de ces mécanismes selon les situations « rendent très hypothétique à court terme la construction d'un modèle intégré du phénomène » (Vom Hofe, 1998, p. 4).

L'étude des liens entretenus par ces différents processus est d'autant plus fondamentale qu'ils font partie des facteurs généraux considérés comme pouvant rendre compte d'une partie au moins des différences interindividuelles au niveau du fonctionnement cognitif.

12. Liens entre l'inhibition et certains des concepts qui lui sont fréquemment associés

Nous n'aborderons pour ce travail que les liens entre l'inhibition et les trois notions évoquées, à savoir : la résistance à l'interférence, la mémoire de travail, et la vitesse de traitement de l'information. Leurs relations sont pour le moins floues. L'inhibition et la résistance à l'interférence ont longtemps été confondues. Si la notion d'inhibition se distingue plus facilement de celle de mémoire de travail, les deux concepts sont toutefois considérés comme fortement imbriqués. L'inhibition est fortement impliquée dans l'efficience de la mémoire de travail, et inversement. Enfin, nombre d'auteurs différencient l'inhibition de la vitesse de traitement de l'information, cependant que d'autres s'interrogent sur la légitimité d'une telle séparation.

12.1. Inhibition et résistance à l'interférence

Si les construits d'inhibition et d'interférence ont longtemps été confondus, il apparaît désormais qu'ils ne peuvent se substituer l'un à l'autre. Actuellement, un certain nombre de données convergent vers l'idée d'une relation d'emboîtement liant ces deux concepts. L'inhibition est ainsi considérée comme impliquée dans la capacité à résister à (aux) l'interférence(s).

Historiquement liés[81] (Dempster, 1995), les concepts d'inhibition et d'interférence ont longtemps été assimilés l'un à l'autre. De fait, les deux termes ont souvent été utilisés sans distinction (Stroop, 1935). La transformation du paradigme d'interférence de Stroop en paradigme d'amorçage négatif a encore accentué la confusion entre les deux termes dans la littérature (Coulon, 2002).

Malgré leur proximité théorique, les concepts d'inhibition et d'interférence ne peuvent se substituer l'un à l'autre (Juhel & Auffray, 1998). Nous suivrons alors la proposition faite par Harnishfeger (1995), selon qui le terme d'inhibition renvoie au processus de suppression active de l'information non pertinente et celui d'interférence à la détérioration de la performance observée dans des conditions de distraction. Ces dernières correspondent à des situations variées (Le Bouedec & al., 2002) impliquant une compétition entre stimuli, processus ou réponses (Vom Hofe & al., 1998). L'interférence occasionne généralement le ralentissement de la réponse à une cible (Juhel, 2003) ; elle peut également être source d'erreurs (Vom Hofe & al., 1998).

---

[81] La théorie de l'interférence trouverait son origine dans les travaux de G.E. Muller (voir Murray, 1976), créateur du terme d' « inhibition rétroactive ».

Comme cela a déjà été évoqué, il est à noter que Dempster (1992, 1995) ne considère pas le concept de résistance à l'interférence – ou plutôt, aux interférences - comme unitaire. Pour l'auteur, cette notion renverrait à un ensemble de processus : les interférences peuvent en effet être distinguées en fonction de l'emplacement de la source de distraction (externe ou interne), de la direction (proactive, rétroactive ou simultanée), et de la « forme psychologique » (motrice, perceptive ou verbale). Suivant cette perspective, notre travail vise à déterminer si les processus de résistance à l'interférence peuvent être catégorisés sur la base de leur fonction.

Tels que définis et comme le suggèrent un certain nombre de données, les concepts d'inhibition et d'interférence pourraient présenter une relation d'inclusion. Pour plusieurs d'auteurs en effet, l'inhibition peut être considérée comme fortement impliquée dans la capacité à résister à l'interférence (Le Bouedec & al., 2002 ; Moutier, 2003 ; Van der Molen, 2000 ; Vom Hofe & al., 1998) ; elle serait le processus dynamique qui la permet.

Cette conception permet d'articuler les analyses de situations particulières effectuées en termes d'inhibition (Bjorklund & Harnishfeger, 1990, 1995) ou de résistance à l'interférence (Dempster, 1992, 1995), en particulier celles relatives à l'épreuve piagétienne d'erreur A-non-B. Comme Diamond (1985) avant eux, Bjorklund et Harnishfeger (1990, 1995) interprètent le comportement observé chez l'enfant de huit mois comme résultant d'une incapacité à inhiber une routine de recherche d'objet dans le lieu initial et habituel. Pour Dempster, l'échec caractéristique des jeunes enfants dans cette situation s'expliquerait par une plus forte sensibilité à l'interférence proactive, générée par leurs recherches antérieures. De la même manière, les enfants plus âgés réussissant dans cette situation – *i.e.*, qui recherchent activement l'objet derrière B - sont qualifiés soit d'inhibiteurs efficients par Bjorklund et Harnishfeger, soit de résistants à l'interférence par Dempster. La similarité entre ces interprétations a conduit Moutier (2003) à articuler les deux notions. Comme d'autres avant lui, l'auteur propose que la résistance à l'interférence découle de l'efficience inhibitrice. Définie comme un processus actif de suppression des informations non pertinentes, l'inhibition devrait en effet permettre l' « élimination de la concurrence entre des stratégies susceptibles d'entrer en compétition cognitive au sein de la mémoire de travail » (Moutier, 2003, p. 82). Le fait que les deux concepts se voient attribuer la même base neurale tend à conforter cette position. Pour ce qui concerne l'épreuve piagétienne en effet, l'échec des enfants est considéré comme résultant de l'immaturité du cortex préfrontal, par Bjorklund et Harnishfeger comme par Dempster.

De fait, un déficit au niveau du contrôle inhibiteur devrait avoir pour conséquence une forte sensibilité à l'interférence dans des tâches cognitives variées (voir aussi Vom Hofe & al., 1998), et notamment dans celles d'attention sélective (Hasher & al., 1999).

D'autres études se sont intéressées au lien entre l'inhibition et la résistance à l'interférence (Bestgen & Dupont, 2000). Certaines, basées sur l'analyse de corrélations entre l'effet d'amorçage négatif et un indicateur de la sensibilité à l'interférence – mesuré en comparant une condition avec distracteur et une condition où seule la cible est présentée - n'ont pas permis de mettre en évidence la corrélation négative[82] supposée entre les deux. Ces résultats ont été considérés comme un argument à l'encontre de l'idée d'un lien causal entre l'inhibition et l'interférence (May & al., 1995). Toutefois et comme nous l'avons auparavant signalé, le paradigme d'amorçage négatif souffre de problèmes conceptuels et méthodologiques. De par le choix de cette mesure, l'étude évoquée ne nous semble pas permettre d'infirmer l'hypothèse d'une relation d'inclusion entre les concepts d'inhibition et de résistance à l'interférence.

---

[82] Les sujets inhibiteurs efficients, qui se caractérisent par un effet d'amorçage négatif fort, devraient selon cette perspective se révéler moins vulnérables à l'interférence (May & al., 1995).

12.2. Inhibition et mémoire de travail

Hasher et Zacks (1988) ont souligné le rôle de l'inhibition dans le contrôle du contenu de la mémoire de travail (voir aussi Stolzfus, Hasher & Zacks, 1996 pour revue). Leurs travaux ont permis de surmonter certains des problèmes posés par l'hypothèse de la capacité limitée de cet espace de stockage et de traitement de l'information, qui échoue notamment à expliquer de façon satisfaisante les différences entre jeunes et âgés (Le Bouedec & al., 2002).

Pour Hasher et Zacks (1988), l'efficience cognitive dépend non pas tant de la « taille » de la mémoire de travail, mais plutôt de la manière dont ses contenus représentent les buts du traitement en cours. De ce point de vue, on doit observer de bonnes performances lorsque l'information activée en mémoire est étroitement liée à ces buts. En revanche, l'activation d'éléments non utiles pour la tâche en cours entraîne une situation analogue à une tâche d'attention divisée dans laquelle les éléments pertinents et non pertinents sont traités simultanément, avec pour corollaire une dégradation des performances (voir aussi Dempster, 1992 ; Kipp & al., 1998). L'efficacité d'un traitement – et, par là, la réussite dans une épreuve donnée - nécessite donc, d'une part, que l'information pertinente puisse accéder en mémoire de travail, et d'autre part, que celle non pertinente soit gardée hors de cet espace.

Selon cette perspective, les processus d'inhibition ont un rôle fondamental dans le fonctionnement de la mémoire de travail. Ils sont en effet impliqués dans le filtrage des informations pour l'accès en mémoire de travail et, au sein de cette dernière, dans la réactualisation des contenus par suppression de celui (ceux) ayant perdu, en cours de tâche, le statut d'information(s) pertinente(s). En d'autres termes, les processus inhibiteurs permettent d'empêcher l'information inutile ou « parasite » – exogène ou endogène - d'accéder en mémoire de travail, et de désactiver l'information distractrice ou celle devenue non pertinente lors de la mise à jour des représentations des buts du traitement en cours (Hasher & Zacks, 1988). Les processus inhibiteurs constituent donc bien une composante de base de la mémoire de travail (Coulon, 2002 ; Dempster & Corkill, 1999 ; Zacks & Hasher, 1994), optimalisant son fonctionnement. Par ailleurs, selon le modèle de Barkley (1997) relatif aux enfants présentant un syndrome H-TDA, un déficit primaire d'inhibition entraînerait secondairement une diminution de l'efficience de quatre fonctions exécutives, dont la mémoire de travail.

Si l'inhibition a un rôle essentiel dans le fonctionnement de la mémoire de travail, réciproquement, celle-ci influe sur l'efficience inhibitrice. Plusieurs auteurs ont ainsi montré que la capacité à supprimer des réponses inappropriées diminue à mesure que la charge en mémoire de travail augmente (Conway, Tuholski, Shisler & Engle, 1999 ; Engle, Conway, Tuholski & Shisler, 1995 ; Roberts & al., 1994). Il apparaît également que les performances dans une tâche évaluant l'efficience de la mémoire de travail – en l'occurrence, une épreuve d'*operation span* - permettent une prédiction des scores à plusieurs épreuves cognitives, dont la tâche d'antisaccade qui fait intervenir un processus inhibiteur (Kane, Bleckley, Conway & Engle, 2001 ; Tuholski, Engle & Baylis, 2001).

D'autres auteurs encore ont confirmé que l'inhibition et la mémoire de travail constituent des fonctions fortement inter-reliées (voir notamment Dempster, 1991 ; May, Hasher & Kane, 1999 ; Rosen & Engle, 1998). Pour de Ribaupierre, Olivier, Leutwyler et Poget (1999) cependant, l'hypothèse d'un lien direct entre inhibition et mémoire de travail est plus souvent posée comme principe théorique qu'elle n'est véritablement éprouvée.

12.3. Inhibition et vitesse de traitement de l'information

Comme c'est le cas pour d'autres concepts associés, il importe de préciser les relations entre l'inhibition et la vitesse de traitement de l'information (Adam & al, 2001). Cette clarification est nécessaire notamment en tant que le contrôle des mesures de vitesse de traitement entraîne une diminution des corrélations entre épreuves d'inhibition plus importante que le contrôle de l'âge (de Ribaupierre & Poget, 1996, cités par Juhel & Auffray, 1998).

Juhel et Auffray (1998) se sont intéressés aux liens entre l'âge et les concepts d'inhibition, de vitesse de traitement de l'information et de mémoire de travail. Des analyses structurales ont été effectuées à partir des corrélations partielles obtenues en contrôlant les niveaux d'études, d'activité intellectuelle et d'anxiété. Elles visaient en partie à juger du caractère légitime ou non de la distinction classiquement établie entre les construits d'inhibition et de vitesse de traitement de l'information. Pour tenter de répondre à cette question, un modèle faisant l'hypothèse d'un effet de l'âge sur une seule variable latente (la variable « ressources », opérationnalisée par deux épreuves mesurant la vitesse de traitement et deux épreuves mesurant l'inhibition) a été comparé à un modèle faisant l'hypothèse d'un effet de l'âge sur deux variables latentes corrélées, la variable « vitesse de traitement » et celle « inhibition ». Le fait que ce dernier modèle permet un gain d'ajustement significatif par rapport au premier conforte la séparation couramment opérée entre vitesse de traitement et inhibition. Pour autant, l'observation d'une corrélation significative entre ces deux construits[83] conduit les auteurs à douter de « l'intérêt d'une distinction conceptuelle trop formelle »[84] (Juhel & Auffray, 1998, p. 31).

Juhel et Auffray (1998) ont ainsi fait état d'une relation étroite entre l'inhibition et la vitesse de traitement de l'information. Pour les auteurs, ces résultats vont dans le sens d'une intervention indirecte des processus inhibiteurs dans la relation entre vieillissement et capacité fonctionnelle de la mémoire de travail. Le vieillissement aurait un impact négatif sur la vitesse de traitement de l'information, celle-ci influant à son tour sur l'efficience inhibitrice. Un certain nombre d'études appuient ces propositions. Plusieurs méta-analyses consacrées à l'impact du vieillissement normal sur l'effet d'interférence au Stroop ou sur l'effet d'amorçage négatif (Verhaegen & de Meersmann, 1998) ont aboutit à la conclusion selon laquelle la diminution de la vitesse de traitement de l'information pouvait à elle seule rendre compte des plus faibles performances des âgés dans ces deux épreuves. Par ailleurs, les résultats d'études de simulation suggèrent qu'il est possible de diminuer l'efficience de l'inhibition en réduisant la vitesse de propagation de l'information (Juhel, 2003). En entraînant un accroissement du « bruit cognitif », le ralentissement global du traitement de l'information lié à l'âge, comme d'ailleurs la diminution des ressources attentionnelles (Craik & Byrd, 1982), pourrait ainsi réduire l'efficacité des processus inhibiteurs - entre autres - (Birren & Fisher, 1995 ; Salthouse, 1996) et ainsi expliquer les plus faibles performances des âgés dans les domaines de l'attention sélective ou de la mémoire de travail. En tout état de cause, ces observations ne vont pas à l'encontre d'un lien direct entre l'inhibition et la mémoire de travail.

---

[83] Guédon et Vom Hofe (2001) ont également mis en évidence une corrélation de 0,33 entre l'inhibition et la vitesse de traitement de l'information, lors d'une approche structurale des variables du *Matching Familiar Figures Test* chez l'enfant.

[84] Cette interrogation est d'autant plus légitime qu'au plan fonctionnel, les épreuves utilisées pour mesurer la vitesse de traitement d'une part, et l'inhibition d'autre part, peuvent refléter tout autant l'efficacité des processus d'inhibition que la vitesse d'activation (Dempster, 1991 ; voir aussi Dempster, 1992).

Si l'efficience inhibitrice dépend en partie de la vitesse de traitement de l'information, elle exerce en retour une influence sur celle-ci. En effet, nous avons vu que la présence d'informations distractrices en mémoire de travail implique une répartition des ressources entre les informations pertinentes et celles non pertinentes. De fait, les informations utiles pour l'activité en cours seront traitées d'autant moins rapidement que le nombre d'informations (pertinentes et non pertinentes) contenues en mémoire de travail est élevé.

Nous venons de voir qu'une relation d'inclusion lie les concepts d'inhibition et de résistance à l'interférence, que l'inhibition et la mémoire de travail constituent des notions fortement inter-reliées, et enfin que l'efficience inhibitrice dépendrait de la vitesse de traitement de l'information, sachant qu'elle l'influence en retour. Par là, l'inhibition constitue donc bien l'une des composantes essentielles de l'intelligence.

Cette dernière proposition justifie alors que les particularités inhérentes au fonctionnement cognitif relevées dans certaines populations, dont les enfants anciens prématurés, soient interprétées en termes de déficit(s) inhibiteur(s).

Deuxième partie :

Trois études empiriques

Chapitre 3.

L'examen des conséquences d'une naissance avant terme comme moyen d'éprouver un modèle de l'inhibition

Nous rappelons au cours de ce chapitre notre problématique de recherche, et précisons les objectifs du présent travail de thèse. Dans ce cadre, nous avons réalisé deux études au cours desquelles nous avons évalué divers aspects du fonctionnement cognitif et inhibiteur d'enfants anciens prématurés d'âge scolaire, en comparaison avec des témoins nés à terme. Préalablement à la présentation de ces deux études, nous exposons – pour des raisons qui seront formulées plus après - quelques-uns des résultats obtenus par le biais de l'enquête nationale Epipage relative au devenir des enfants nés prématurément, à laquelle nous avons eu l'opportunité de participer.

1. Un déficit inhibiteur comme facteur explicatif de certaines des séquelles mineures de la prématurité

Le nombre des enfants nés grands prématurés ne cesse d'augmenter depuis ces dernières décennies. Malgré des naissances de plus en plus précoces, non seulement leur survie mais aussi leur qualité de vie se sont considérablement améliorées. Ainsi, la majorité de ces enfants présente un développement tout à fait satisfaisant à l'âge scolaire. Néanmoins, un certain nombre de troubles « mineurs » ont été observés au niveau cognitif. Nous avons vu que ceux-ci concernent les domaines non-verbal et verbal et la sphère comportementale. Ils touchent aussi les processus mnésiques et attentionnels qui font partie des fonctions dites « exécutives ». La compréhension de ces troubles, qui peuvent être à l'origine de difficultés d'apprentissage, est une priorité.

Plusieurs hypothèses ont été formulées ces dernières années visant à rendre compte des déficits cognitifs et comportementaux mineurs associés à une naissance avant terme, observés notamment à l'âge scolaire.

Tout d'abord, les problèmes relevés de manière récurrente chez un certain nombre d'enfants anciens prématurés dans les sphères cognitive et comportementale ont été

interprétés en termes d'un niveau plus faible d'efficience cognitive (voir notamment Sykes & al., 1997). Wolke et al. (2004) ont suivi une cohorte nationale d'enfants nés avant 26 SA jusqu'à l'âge de 6 ans. Ils font état de différences significatives entre le groupe des enfants nés prématurissimes et des témoins nés à terme appariés sur le sexe, l'appartenance ethnique et l'âge, au niveau de plusieurs habiletés langagières et au niveau des performances scolaires. Néanmoins, la plupart de ces différences, en l'occurrence celles relatives aux performances des enfants dans les épreuves basées sur le langage, « disparaissent » après ajustement sur le QI. En accord avec les résultats d'études précédentes (Taylor, Burant, Holding, Klein & Hack, 2002, cités par Wolke & al., 2004), il semble ainsi que les difficultés langagières des enfants anciens prématurés s'expliquent par un plus faible niveau de performance cognitive. Celui-ci pourrait également rendre compte du comportement hyperactif de certains enfants nés prématurément. Nadeau et al. (2001) ont souhaité éprouver l'hypothèse selon laquelle les problèmes de comportement associés à la prématurité sont dus à l'impact de celle-ci sur le développement neuromoteur et cognitif. Quatre-vingt-six enfants nés avant 29 SA avec un poids inférieur à 1500 grammes et 50 témoins nés à terme ont passé une série de tests évaluant le fonctionnement neuromoteur et celui cognitif, à 5 ans et 9 mois. A 7 ans, le comportement des 61 enfants anciens prématurés et des 44 témoins qui participaient toujours à l'étude a été évalué par leurs pairs, leurs enseignants et leurs parents. A cet âge, les enfants nés prématurément sont considérés comme plus sensibles et plus isolés que les témoins par leurs pairs, comme plus inattentifs par les enseignants, et comme plus hyperactifs par leurs parents. Sur la base d'analyses en régression, les auteurs ont montré que le plus faible niveau intellectuel - en l'occurrence, le QI global à la McCarthy - rend compte de la plus grande fréquence d'hyperactivité chez les enfants anciens prématurés (Nadeau & al., 2001 ; voir aussi Pharoah & al., 1994 ; Zuazo & al., 1999).

S'il peut expliquer certaines des difficultés fréquemment mentionnées dans la littérature relative au devenir des enfants nés prématurément, en revanche, le plus faible niveau d'efficience cognitive ne peut entièrement rendre compte de l'ensemble des troubles évoqués, et notamment des moindres performances scolaires des enfants anciens prématurés (Wolke & al., 2004). Ceux-ci sont donc bien, comparés aux témoins nés à terme, davantage à risque de « difficultés d'apprentissage ». Le contrôle du niveau d'efficience intellectuelle ne permet pas non plus d'expliquer les problèmes d'articulation relevés chez certains enfants nés avant terme (Wolke & al., 2004), ni d'effacer les différences entre ces enfants et les témoins au niveau des habiletés motrices et visuo-motrices et des capacités mnésiques (Taylor & al., 2000). Cela est encore le cas en ce qui concerne la fréquence de troubles du comportement (Isaacs & al., 2000 ; Nadeau & al., 2001). Ainsi, selon Nadeau et al. (2001), le fait que les enfants anciens prématurés soient davantage retirés socialement[85] comparés aux enfants nés à terme s'expliquerait par leurs plus faibles habiletés neuromotrices. En effet, celles-ci seraient à l'origine de limitations fonctionnelles dans plusieurs situations « sociales », comme par exemple lors des jeux valorisés dans les cours de récréation. A leur tour, ces limitations génèreraient chez ces enfants sinon une anxiété, au moins une certaine retenue lors des interactions avec les pairs. Bien que discrètes, elles pourraient à long terme conduire à un certain isolement des enfants anciens prématurés. Selon les mêmes auteurs enfin, les difficultés d'attention observées de façon récurrente chez ces enfants s'expliqueraient non pas par un niveau plus faible de fonctionnement intellectuel, mais par un déficit spécifique touchant la mémoire de travail (Nadeau & al., 2001).

[85] Ces difficultés relationnelles avec les pairs pourraient elles-mêmes contribuer à la survenue de certains des troubles évoqués chez les enfants anciens prématurés (Dupin & al., 2000 ; Hille & al., 2001).

Si les séquelles mineures de la prématurité – qui touchent, nous l'avons vu, des domaines très variés de la cognition - ont incontestablement des causes différentes, un certain nombre d'entre elles est aujourd'hui interprété en termes de déficit(s) au niveau des fonctions exécutives (Harvey & al., 1999 ; Whitfield & al., 1997 ; Wolke, 1998). En effet, ces dernières « ont une importance capitale dans les apprentissages ou l'acquisition des habiletés de base chez les enfants et il est reconnu que leur dysfonctionnement a un rôle dans la genèse des troubles d'apprentissage » (Lussier & al., 1998, p. 43). Plusieurs processus sont mis en cause : les choix stratégiques - l'élaboration de stratégie -, l'attention (Dupin & al., 2000), la mémoire de travail, ou encore la vitesse de traitement de l'information (Rose & Feldman, 1996).

Pour Dupin et al. (2000), les plus faibles performances des anciens prématurés en arithmétique ou lors de la compréhension de textes pourraient s'expliquer par le fait que ces enfants utilisent des stratégies moins complexes comparés aux témoins, qui peuvent donc se révéler insuffisantes - voire inefficaces - lors de la résolution de problèmes nouveaux. Atteindre un niveau de performance comparable à celui des enfants nés à terme demanderait alors davantage d'efforts à ceux nés prématurément. De fait, ceux-ci se trouveraient plus vite fatigués et donc plus vite inattentifs que les témoins lors des apprentissages (Dupin & al., 2000). Les difficultés observées lors de la lecture chez certains enfants nés prématurément ont également été interprétées en termes de capacités plus faibles de mémoire à court terme (Rieck, 1988, cité par Rieck & al., 1996), et le temps plus long mis par des enfants nés avec un poids extrêmement faible pour lire un texte - et plus globalement pour compléter différentes tâches, en comparaison avec des témoins - en termes de vitesse plus faible de traitement de l'information (Downie & al., 2002). De façon plus générale, les déficits au niveau de la mémoire et de la vitesse de traitement relevés chez certains enfants anciens prématurés pourraient expliquer une grande partie de la différence entre les scores d'intelligence générale obtenus par ces enfants et ceux des témoins nés à terme (Rose & Feldman, 1996).

Récemment, l'hypothèse d'un déficit inhibiteur a été émise (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994), qui nous semble particulièrement pertinente.

L'inhibition fait partie du vaste ensemble des fonctions exécutives, nécessaires à la réalisation contrôlée de conduites complexes orientées vers un but. Elle peut être définie comme un ensemble de processus attentionnels de suppression d'informations, externes ou internes, pas ou plus pertinentes pour la tâche en cours. Nous l'avons vu, l'inhibition a un rôle majeur dans l'efficience cognitive. Elle constitue l'un des principaux facteurs explicatifs des différences liées à l'âge à ce niveau. Elle représente également un médiateur fondamental pouvant rendre compte de phénomènes variés inhérents au fonctionnement normal de la cognition, ainsi que de dysfonctionnements cognitifs associés à certaines pathologies.

Le concept d'inhibition est très fortement lié à ceux de mémoire de travail et de vitesse de traitement de l'information qui ont été invoqués par certains auteurs pour rendre compte des difficultés d'ordre cognitif que peuvent rencontrer les enfants nés prématurément (Downie & al., 2002 ; Rose & Feldman, 1996). En limitant le nombre d'informations entrant et maintenues activées dans la mémoire de travail, l'inhibition a un rôle primordial dans son bon fonctionnement (Hasher & Zacks, 1988). Elle est également étroitement liée à la vitesse de traitement des informations (Juhel & Auffray, 1998). De fait, il nous semble qu'un déficit primaire affectant le contrôle inhibiteur pourrait expliquer les plus faibles performances des enfants anciens prématurés en comparaison avec les témoins aux épreuves évaluant la mémoire de travail (voir aussi Barkley, 1997) ou la vitesse de traitement de l'information. Par là notamment, un tel déficit serait à l'origine d'une partie des problèmes rencontrés par ces enfants dans des secteurs variés de la cognition, qui sont sources de difficultés

d'apprentissage. Le caractère premier du déficit d'inhibition nous semble d'autant plus probable que les enfants nés avant terme ont des résultats inférieurs à ceux des témoins à plusieurs épreuves supposées mesurer l'efficience inhibitrice, dont certaines, non limitées dans le temps, n'impliquent pas la vitesse de traitement de l'information.

2. L'examen des conséquences d'une naissance avant terme comme moyen d'éclairer la notion d'inhibition

En dépit du rôle majeur qui lui est attribué dans les théories actuelles du fonctionnement cognitif et dans l'explication de dysfonctionnements cognitifs – dont ceux associés à une naissance avant terme -, la notion d'inhibition souffre de problèmes conceptuels et méthodologiques. Il est alors primordial d'améliorer les connaissances relatives à ce concept central.

Comme cela a été évoqué au cours du second chapitre, tous les auteurs n'évoquent pas l'inhibition en des termes équivalents. Différents processus inhibiteurs ont été distingués dans la littérature, qui amènent à se poser la question de leur unité – il s'agirait alors des différentes « facettes », ou des différentes modalités d'expression, d'un même phénomène - ou de leur diversité fonctionnelle. Cette interrogation est d'autant plus légitime que plusieurs fonctions sont attribuées à l'inhibition (voir notamment Hasher et al., 1999).

Un certain nombre de données sont en faveur du caractère non-unitaire du construit d'inhibition : la très grande diversité des situations dans lesquelles l'inhibition intervient et celle des épreuves employées pour en évaluer l'efficience, les résultats d'études basées sur l'analyse de corrélations entre les principales mesures de l'inhibition, ainsi que l'observation de déficits inhibiteurs spécifiques dans certaines populations pathologiques et chez les sujets âgés.

A l'instar de plusieurs auteurs, il nous semble que la notion d'inhibition ne constitue pas un construit unitaire. Une meilleure spécification des processus inhibiteurs et des épreuves utilisées pour en évaluer l'efficience est nécessaire (Nigg, 2000). Il importe également de clarifier les relations entre les différentes fonctions attribuées à l'inhibition et d'autres fonctions exécutives qui lui sont classiquement associées, ainsi que leur influence sur l'efficience cognitive globale.

L'étude du fonctionnement inhibiteur d'une population présentant un déficit à ce niveau pourrait permettre d'éclairer la notion d'inhibition. Les enfants nés avant terme représentent de « bons candidats ». D'autres populations infantiles se caractérisent par un déficit d'inhibition. C'est le cas notamment des enfants traumatisés crâniens (Stewart & Tannock, 1999), autistes (Geurt & al., 2004) et schizophrènes (Lin & al., 1999). L'hypothèse d'un déficit inhibiteur a également été émise concernant les enfants présentant un syndrome hyperkinétique (Barkley, 1997) et ceux en « difficulté d'apprentissage » (Dempster & Corkill, 1999). Néanmoins, certains problèmes peuvent se poser relativement aux études réalisées avec ces populations, qui tiennent au fait que l'inclusion des sujets se fonde sur un diagnostique. Celui-ci n'est pas toujours évident, parfois sujet à l'incertitude et au désaccord.

En outre, il est posé plus ou moins tardivement au cours du développement, et peut évoluer. A l'inverse, la définition de la prématurité relève d'un constat simple, consensuel, posé dès la naissance et immuable. En conséquence, la population des enfants anciens prématurés nous paraît tout à fait appropriée compte tenu de notre problématique.

L'examen des conséquences d'une naissance avant terme au niveau du fonctionnement inhibiteur auquel nous nous sommes consacrés a pour objectif d'éprouver l'hypothèse récemment émise d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire. Il vise également une clarification du concept d'inhibition, et plus exactement une meilleure compréhension de l'organisation des trois fonctions qui lui ont été octroyées par Hasher et al. (1999). Nous essaierons également de préciser ce que mesurent différentes épreuves supposées impliquer un contrôle inhibiteur couramment employées, ainsi que le rôle des fonctions inhibitrices dans le fonctionnement cognitif global. Enfin, nous chercherons à déterminer si les trois fonctions de l'inhibition sont également affectées par une naissance avant terme.

Finalement, le présent travail vise quatre objectifs principaux. Nous les précisons ici.

• Nous voulons tout d'abord **éprouver l'hypothèse formulée ces dernières années par plusieurs auteurs d'un déficit d'inhibition chez les enfants nés prématurément, à l'âge scolaire**. Pour cela, nous comparerons les performances d'enfants anciens prématurés à plusieurs épreuves impliquant un contrôle inhibiteur à celles d'enfants témoins nés à terme. Nous nous assurerons également que ces épreuves ont bien en commun de mesurer l'« inhibition ». Cette étape, indispensable, servira à justifier le choix de notre population pour l'étude des fonctions inhibitrices.

• Nous souhaitons ensuite **déterminer le degré de généralité ou de diversité des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al.** (1999), sur la base des performances d'enfants nés à terme et prématurés et par le biais d'analyses confirmatoires. Il s'agira essentiellement de déterminer s'il est légitime d'évoquer la notion singulière d'inhibition, ou s'il convient plutôt, comme nous le pensons, de distinguer différentes fonctions inhibitrices.

• Nous tenterons également de **préciser les contributions relatives des différentes fonctions inhibitrices** :

- d'une part, **au niveau des performances des enfants à différentes épreuves considérées comme mettant en jeu l'inhibition** : Tour de Londres, épreuve d'empan à l'envers, et tâches de fluence verbale, catégorielle et phonologique ;
- d'autre part, **au niveau du fonctionnement cognitif général** appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles des Processus Mentaux de la batterie d'intelligence K-ABC.

• Enfin, nous chercherons à **déterminer si les trois fonctions inhibitrices évoquées par Hasher et al. sont également affectées par la prématurité, dépendant de sa sévérité**, ou si celle-ci n'a d'influence que sur certains aspects du contrôle inhibiteur, c'est-à-dire sur une seule (voire deux) des fonctions octroyées à l'inhibition.

Pour répondre à ces différents objectifs, nous procédons par étapes successives.

3. Démarche opérationnelle

Nous détaillons à présent les démarches - notamment statistiques - qui, nous l'espérons, permettront d'atteindre les objectifs qui viennent d'être mentionnés.

3.1. Premier objectif : éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire

Notre premier objectif est d'éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants nés prématurément d'âge scolaire, sur laquelle se base notre travail. Pour ce faire et de manière classique, nous avons choisi d'adopter une approche comparative. Dans cette perspective, il s'agit de comparer les performances d'enfants anciens prématurés à plusieurs épreuves évaluant l'efficience inhibitrice à celles d'enfants témoins nés à terme.

Deux étapes permettront de répondre à cet objectif. En effet, l'utilisation d'une batterie d'intelligence standardisée constitue un préalable indispensable dans ce type de recherche (voir notamment Chevalier, 1997 ; Lussier & Flessas, 2001). Le K-ABC nous semble particulièrement pertinent pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés. Assurer cette proposition constitue la première étape de notre travail.

3.1.1. Première étape : assurer la pertinence de la batterie K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés

Fonder l'assertion selon laquelle le K-ABC permettrait une évaluation pertinente du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés constitue la première étape de notre travail. Or, nous avons eu l'opportunité de juger de cette pertinence par le biais de l'étude nationale Epipage relative au devenir des enfants nés avant terme, à laquelle nous avons participé au sein du Service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. L'enquête Epipage est une étude multicentrique, prospective et longitudinale, qui a été lancée en France au premier janvier 1997. Elle est fondée sur le suivi d'enfants nés à terme et prématurés, depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 5 ans.

3.1.1.1. Du besoin d'une batterie d'intelligence lorsqu'on s'intéresse à une population spécifique

L'emploi d'une batterie d'intelligence standardisée constitue une étape préalable indispensable dans toute recherche portant sur le fonctionnement cognitif de populations infantiles spécifiques (Chevalier, 1997). Même si à elle seule, son utilisation se révèle largement insuffisante pour l'évaluation neuropsychologique individuelle d'enfants en difficulté d'apprentissage, elle contribue à renforcer les connaissances concernant notamment certaines pathologies neurologiques (Lussier & Flessas, 2001). Les batteries d'intelligence permettent une appréciation globale des capacités intellectuelles en comparant les résultats des sujets aux normes obtenues avec la population d'échantillonnage. Elles autorisent également la détermination de styles cognitifs, au regard des éventuelles dissociations entre les scores obtenus aux différentes échelles. C'est d'ailleurs en y recourant que la neuropsychologie cognitive a montré que certaines populations pouvaient présenter des aptitudes hétérogènes, signes de troubles électifs (Collomp, 1998). Dans le même esprit, ces outils concourent à préciser les hypothèses de dysfonctionnement dans la population considérée, et, par là, permettent d'orienter le choix des épreuves ultérieures (Lussier & Flessas, 2001). Ainsi, l'utilité de ces dispositifs s'avère indispensable au plan fondamental (Chevalier, 1997 ; Plaza, Dhellemmes, Quentin & Sayag, 1997). Cela est d'autant plus vrai lorsque la population visée est susceptible de présenter des lésions cérébrales, ce qui est le cas des enfants anciens prématurés.

Plusieurs instruments sont disponibles, qui possèdent des fondements différents et ne répondent pas aux mêmes finalités. Les échelles de Wechsler sont fréquemment utilisées dans les études récentes relatives au devenir des enfants nés prématurément (Aylward & al., 1989 ; Bhutta & al., 2002). Mais, parce qu'elle aborde le fonctionnement cognitif de l'enfant sous l'angle des processus, la *Kaufman Assessment Battery for Children*, ou K-ABC (1983, version américaine ; 1993, version française) nous semble constituer un outil privilégié pour évaluer au plan cognitif les enfants nés prématurés (Deforge & Toniolo, 2004).

3.1.1.2. Le K-ABC : un outil privilégié pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés

La batterie K-ABC évalue deux catégories de processus impliqués dans les apprentissages. L'échelle des Processus Séquentiels donne une mesure des capacités de mémoire immédiate, visuelle et auditive. L'échelle des Processus Simultanés évalue certaines habiletés impliquées dans la résolution de problèmes basés sur des informations visuelles et spatiales. L'échelle des Processus Mentaux Composites combine les deux précédentes, et autorise ainsi une estimation globale du niveau de fonctionnement intellectuel (Kaufman, 1994).

Le K-ABC comporte de surcroît une échelle des Connaissances qui permet l'évaluation des acquisitions, surtout scolaires. Le fait que ces dernières soient évaluées par une échelle distincte s'explique en tant que l'un des principaux objectifs des auteurs était d'obtenir une mesure originale de l'intelligence fluide qui, sans qu'elle ne puisse s'en soustraire complètement (Kaufman, 1984), exclurait au maximum l'influence du langage, des connaissances et des compétences acquises (Kamphaus & Reynolds, 1984).

De par ses caractéristiques, la batterie K-ABC nous semble particulièrement adaptée pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants nés avant terme.

Tout d'abord, le fait que cet instrument trouve son origine dans les théories neuropsychologiques est un atout particulièrement appréciable dans ce domaine de recherche, dans la mesure où la prématurité est susceptible d'induire des dysfonctionnements au niveau cérébral. Ensuite, les conclusions de plusieurs études laissent à penser que la distinction séquentiel / simultané constitue un modèle précieux pour la compréhension de certains troubles développementaux, dont les déficits de l'attention avec ou sans hyperactivité (Entwistle, Kalinski & Erbaugh, 1997 ; Gomot, Blanc, Barthélémy, Isingrini & Adrien, 2000 ; Robitaille, Everett & Thomas, 1990) et les dyslexies (Plaza, 2001). La batterie de Kaufman a également permis de montrer que plusieurs pathologies neurologiques se caractérisent par un mode spécifique de résolution de problèmes non familiers (Gonzalez, Ritz, Chevalier & Ayzac, 1996 ; Shimizu, 1999). Il est alors possible d'envisager que les troubles liés à la prématurité dont rend compte la littérature, qui diffèrent selon sa sévérité, puissent être actualisés au travers de patterns de notes différents au K-ABC. Enfin, de nombreuses recherches ont confirmé le fait mentionné par les auteurs (Kaufman & Kaufman, 1993b) selon lequel les subtests des Processus Mentaux minimisent l'influence non seulement des compétences langagières, mais plus généralement du milieu socio-culturel des sujets (Flanagan, 1995 ; Sternberg, 1984). Etant donné qu'un certain nombre d'enfants anciens prématurés présente des difficultés dans le domaine du langage, et que le niveau socio-économique a une incidence sur le fait d'accoucher prématurément, l'utilisation du K-ABC dans les recherches consacrées au devenir de ces enfants pourrait là encore se trouver justifiée.

D'un point de vue fondamental, le K-ABC devrait finalement aider à mieux comprendre le fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés ainsi que les difficultés relevées chez certains d'entre eux. Cela pourrait permettre une amélioration, sinon de la prévention de ces troubles, au moins de leur prise en charge.

Les arguments qui viennent d'être énoncés restent à confirmer, de façon peut-être plus empirique. Or, une vaste étude longitudinale cas-témoins relative au devenir des enfants nés prématurément a été lancée en France au premier janvier 1997. Il s'agit de l'étude multicentrique Epipage, à laquelle nous avons eu l'opportunité de participer. Celle-ci comprenait notamment une évaluation psychologique à l'âge de 5 ans, au cours de laquelle les enfants étaient soumis, entre autres, à la batterie K-ABC.

3.1.1.3. L'étude Epipage comme moyen de s'assurer de la pertinence du K-ABC

Dans le cadre de l'étude Epipage et au sein du Service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, nous avons rencontré au cours de l'année 2002[86] un certain nombre d'enfants nés à terme ou prématurés. La majorité d'entre eux était âgée de 5 ans à 5 ans et 3 mois. Nous avons également pu avoir accès aux résultats des autres enfants évalués à la Maternité Régionale, et à ceux d'enfants vus dans d'autres centres de la région Lorraine qui participaient à l'étude Epipage, en l'occurrence dans les maternités des villes de Metz, Thionville, Saint-Avold et Remiremont.

---

[86] Quelques enfants qui étaient nés prématurissimes ont été rencontrés en 2003.

La présentation de l'étude nationale Epipage et des principaux résultats que nous avons obtenus dans ce cadre fera l'objet du quatrième chapitre. La démarche qui a prévalu à l'analyse des données débute par une analyse descriptive. Nous présenterons dans un premier temps les indicateurs de tendance centrale et de dispersion relatifs aux quatre échelles globales de la batterie K-ABC, pour les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance. Nous préciserons ces premiers résultats par le biais d'analyses univariées. Nous chercherons plus exactement à déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores des enfants aux échelles globales du K-ABC. Dans un second temps, les mêmes analyses seront effectuées relativement aux performances des enfants aux subtests de la batterie. Par le biais d'analyses en régression multiple, nous nous intéresserons également aux effets d'autres variables – bio-médicales et socio-environnementales - sur les performances cognitives des enfants.

Cette étape préliminaire permettra d'apprécier s'il existe un profil de scores différentiel au K-ABC, fonction de la sévérité de la prématurité. Par là, il sera possible de juger de la pertinence de cet instrument pour l'évaluation cognitive des enfants nés prématurément.

L'exposition des résultats de l'enquête Epipage nous semble intéressante pour d'autres raisons encore.

Tout d'abord, les enfants rencontrés pour cette étude étaient âgés de 5 ans. Or, les séquelles mineures de la prématurité dont il a été question au cours du premier chapitre ne sont pas toujours apparentes avant l'entrée à l'école primaire ; elles sont souvent « de révélation tardive ». Ainsi, pour Kalmar (1996), les différences entre les enfants anciens prématurés et les témoins nés à terme au niveau des scores aux échelles globales d'intelligence n'apparaîtraient – ne deviendraient significatives - que vers l'âge de 6 ans. Par le biais d'analyses univariées, nous souhaitons donc déterminer si le statut à la naissance (né à terme, prématuré léger, grand prématuré *vs* très grand prématuré) a une influence significative sur les performances d'enfants plus jeunes au K-ABC.

La présentation des résultats de cette enquête, préalablement à ceux des deux études que nous avons menées par la suite avec des enfants d'âge scolaire, permettra également d'obtenir quelque éclaircissement quant au caractère stable ou non des troubles éventuellement repérés à l'âge préscolaire. Il s'agira plus précisément de déterminer si ce sont les mêmes domaines de la cognition – ou les mêmes processus cognitifs - qui sont affectés aux différents âges.

Enfin, nous avons mentionné au cours du premier chapitre plusieurs variables relatives à l'enfant ou à son environnement dont il est généralement admis qu'elles influent sur le développement des enfants nés prématurément. Par le biais d'analyses en régression, nous tenterons alors de préciser la contribution de quelques-uns de ces facteurs, parmi ceux qui ont été pris en compte dans l'enquête Epipage, dans l'explication des performances des enfants.

Les résultats de l'étude Epipage ont confirmé le caractère pertinent de la batterie K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés. Ils nous permettent de justifier l'utilisation de cet instrument avec des enfants d'âge scolaire.

Dans notre seconde étude, qui visait à éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire, nous nous intéressons à la validité de plusieurs épreuves classiquement employées pour mettre en évidence des troubles de l'inhibition. Nous mettons aussi en correspondance les résultats des enfants au K-ABC avec ceux obtenus à ces épreuves.

3.1.2. Deuxième étape : s'assurer de l'existence d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire.

Afin d'éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire, nous avons soumis des enfants nés prématurément à un certain nombre d'épreuves, en comparant leurs performances à celles d'enfants du même âge nés à terme. Nous avons choisi d'évaluer, lors de cette seconde étude, des enfants scolarisés depuis le CE2, au moment où ils sont supposés avoir acquis les principales habiletés de base, jusqu'au CM2.

Nous l'avons dit, la passation du K-ABC nous paraissait nécessaire. Suite à celle-ci, nous avons proposé aux enfants plusieurs épreuves fréquemment employées dans les recherches portant sur le fonctionnement exécutif de populations infantiles spécifiques, qui ont été utilisées ces dernières années avec des enfants nés prématurément. Il s'agit : d'une épreuve d'attention sélective motrice (l'épreuve des « gestes contraires »), de tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique, de la Tour de Londres et de l'épreuve d'empan à l'envers. Les trois premières sont supposées mettre en jeu un contrôle inhibiteur. L'épreuve d'empan à rebours implique l'exécutif central – ou administrateur central - de la mémoire de travail qui remplit un certain nombre de fonctions de contrôle, dont celle inhibitrice. Nous avons également tenu compte du nombre d'items réussis par les enfants dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC, qui permet d'évaluer la résistance à la distraction.

Cette étude et ses résultats seront détaillés dans le cinquième chapitre.

Comme pour l'étude Epipage, nous présenterons tout d'abord certaines statistiques descriptives. Des tests d'hypothèses univariés seront ensuite effectués afin de déterminer si le statut à la naissance a une influence significative sur les performances des enfants au K-ABC d'une part, et sur leurs résultats aux différentes épreuves d' « inhibition » d'autre part. Dans les deux cas, nous nous intéresserons également, par le biais d'analyses en régression multiple, aux effets d'autres variables susceptibles d'influer sur les performances des enfants.

Le statut à la naissance apparaît avoir un impact significatif sur les performances des enfants à plusieurs des épreuves d' « inhibition » employées dans cette étude.

Néanmoins, l'observation de plus faibles scores chez les enfants nés prématurément comparés aux témoins à ces épreuves ne nous paraît pas suffisante pour affirmer l'existence d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire. Il faut encore s'assurer que ces épreuves ont bien en commun d'évaluer l'inhibition. Au-delà des premières analyses réalisées, nous chercherons donc à déterminer, dans une démarche exploratoire et par le biais d'analyses en composantes principales (ACP), si une variable latente peut rendre compte des relations entre les scores des enfants aux différentes épreuves censées mesurer l'efficience inhibitrice.

Sauf en ce qui concerne le test de la Tour de Londres, cela a effectivement été le cas. En conséquence, nous postulons que cette variable latente correspond à l'inhibition, supposée être impliquée dans l'ensemble des épreuves utilisées au cours de cette étude.

Sur la base de ces résultats, nous chercherons à déterminer si le statut à la naissance a une influence sur le niveau global d'efficience inhibitrice. Ces analyses porteront plus exactement sur les scores factoriels des enfants déterminés d'après l'ACP des performances des enfants aux épreuves impliquant un contrôle inhibiteur. Encore une fois et par le biais d'analyses en régression, nous nous intéresserons aux effets d'autres variables pouvant avoir une influence sur l'efficience inhibitrice des enfants.

Enfin, nous chercherons à préciser l'influence de la variable latente « inhibition » - appréhendée au travers des scores factoriels des enfants - sur le fonctionnement cognitif global. Dans cette perspective, nous nous intéresserons aux corrélations entre les scores factoriels des enfants et leurs performances aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. Lors d'analyses en régression multiple, nous chercherons également à déterminer si l'introduction du niveau d'efficience inhibitrice dans la régression à la suite d'un premier bloc de variables explicatives modifie de façon signifiante le pourcentage de variance des scores aux échelles Séquentielle et Simultanée expliquée par la droite de régression.

Sur la base des données obtenues au cours de notre seconde étude, il semble bien que les épreuves exécutives que nous avons employées – et qui l'ont également été dans plusieurs recherches récentes relatives au devenir des enfants nés prématurément -, hormis la Tour de Londres, ont en commun d'impliquer un contrôle inhibiteur.

Pour ce qui confirme les résultats des analyses univariées effectuées relatives à l'effet du statut à la naissance sur les performances des enfants à ces différentes épreuves, il apparaît également que le fait d'être né à terme, prématuré léger vs grand ou très grand prématuré a une incidence sur le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants. Ce niveau serait d'autant moins élevé que la prématurité est sévère.

L'ensemble de ces résultats conforte l'hypothèse de l'existence d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire. De ce fait, cette population est appropriée pour l'étude de l'inhibition.

Trois fonctions ont été conférées à la notion générale d'inhibition par Hasher et al. (1999). Nous tenterons alors de déterminer si toutes ces fonctions sont également touchées par une naissance avant terme. Auparavant cependant, il importe de préciser dans quelle mesure ces trois fonctions peuvent être unifiées ou doivent être distinguées ; cela constitue notre second objectif. Il s'agit encore d'établir quelle(s) fonction(s) est (sont) en jeu exactement dans les épreuves exécutives utilisées dans plusieurs recherches récentes, qui sont habituellement utilisées et que nous avons reprises pour notre seconde étude, ainsi que leur rôle dans le fonctionnement cognitif général.

3.2. Deuxième objectif : déterminer le degré de généralité ou de diversité des trois fonctions inhibitrices

Au regard des problèmes mentionnés relatifs à la notion d'inhibition, nous souhaitons, et c'est là le second objectif de ce travail, préciser le degré d'unité ou de diversité des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Il s'agit, en l'occurrence, des fonctions :

- de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail, chargée d'interdire l'accès en mémoire de travail aux représentations non pertinentes dont l'activation est déclenchée automatiquement par le contexte externe ou interne de la tâche ;
- de nettoyage de la mémoire de travail, chargée de désactiver les informations qui ne sont pas ou plus pertinentes ; et
- de restriction de l'accès aux réponses prédominantes, relative au contrôle du non-déclenchement de comportements dominants mais inappropriés pour la tâche en cours.

Au cours d'une troisième étude et par le biais d'analyses confirmatoires cette fois, nous avons voulu déterminer s'il est légitime d'évoquer la notion globale d'inhibition, ou à l'inverse s'il convient de distinguer différentes fonctions inhibitrices.

Pour contribuer à clarifier cette notion centrale d'inhibition, nous avons choisi de soumettre des enfants nés à terme et prématurés scolarisés en classe de CE2 à des épreuves dont nous pensons qu'elles évaluent l'une des trois fonctions octroyées à l'inhibition. Parce que ces épreuves ne disposent pas de normes, il nous a paru essentiel de limiter cette étude à une seule classe d'âge. Les modalités de cette étude et l'exposition de ses résultats feront l'objet du sixième chapitre.

Pour des raisons pratiques et sur la base de la revue de la littérature réalisée, nous appréhendons chacune des trois fonctions de l'inhibition à l'aide de trois épreuves. Pour mesurer la fonction de restriction des réponses prédominantes, nous avons utilisé une épreuve d'attention sélective motrice – l'épreuve des Gestes Contraires -, le test de Stroop et une tâche conflictuelle basée sur des informations auditives. La seconde partie du subtest Suite de Mots, la tâche de Brown-Peterson et l'épreuve de barrage des « 3 » de la BREV ont été employées pour évaluer la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail. Enfin, la fonction de nettoyage de la mémoire de travail a été étudiée à l'aide d'une épreuve d'interférence proactive et de deux tâches de mise à jour, l'une impliquant des chiffres, l'autre des mots. Les raisons pour lesquelles nous avons choisi ces épreuves seront détaillées ultérieurement (chapitre 6).

Un certain nombre d'hypothèses seront éprouvées par le biais d'analyses factorielles confirmatoires, qui visent à préciser l'organisation des trois fonctions attribuées à l'inhibition. Nous adopterons une démarche dite « à modèles compétitifs » basée sur la comparaison de différents modèles, pour accepter le plus adéquat.

L'hypothèse à la base de cette démarche est relative au caractère unitaire *vs* non unitaire des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Au regard de la littérature, nous postulons que celles-ci peuvent – doivent - être séparées, cependant que nous ne pensons pas qu'elles sont totalement indépendantes.

Les résultats des analyses factorielles confirmatoires appuient cette hypothèse, à quelque nuance près.

3.3. Troisième objectif : déterminer les contributions relatives des fonctions inhibitrices au niveau des épreuves d' « inhibition » et au niveau du fonctionnement cognitif général

Sur la base des données obtenues dans le cadre de notre troisième étude, nous désirons contribuer à déterminer ce que mesurent réellement plusieurs épreuves utilisées dans des recherches récentes qui portaient sur le fonctionnement exécutif d'enfants anciens prématurés, dont il semble effectivement qu'elles impliquent un contrôle inhibiteur. Il s'agit en l'occurrence de la tâche d'empan à l'envers, des épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique et de la Tour de Londres. En effet, lorsque les auteurs s'accordent sur l'implication de l'inhibition dans une épreuve donnée – ce qui semble le cas ici, au regard des résultats des analyses factorielles effectuées -, il reste encore à déterminer quelle fonction exactement est en jeu (Juhel, 2003).

Dans la continuité, nous souhaitons spécifier les contributions relatives des différentes variables latentes considérées pour les analyses confirmatoires, qui correspondent aux trois fonctions distinguées par Hasher et al. (1999), dans le fonctionnement cognitif général. Celui-ci est appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC, qui mesurent l'intelligence fluide.

Nous adopterons une approche identique à la précédente pour tenter de répondre à ce troisième objectif. Ainsi, nous comparerons plusieurs modèles structuraux alternatifs postulant l'influence d'aucune, d'une seule ou de plusieurs des trois fonctions inhibitrices sur les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition » d'une part, aux échelles du K-ABC d'autre part. Nous chercherons également à nous assurer de la stabilité, le cas échéant, de l'organisation qui aura été précédemment mise en évidence relative à la structure des fonctions inhibitrices (voir notamment Miyake & al., 2000).

Les résultats des comparaisons de modèles d'équations structurales relatifs aux rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants aux épreuves exécutives et dans l'efficience cognitive globale vont globalement dans le sens des données de la littérature.

3.4. Quatrième objectif : identifier les fonctions inhibitrices particulièrement affectées par une naissance avant terme

Pour conclure ce travail et en tant que les fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999) peuvent être séparées, nous tenterons de préciser quelle est (quelles sont) la (les) fonction(s) particulièrement affectée(s) par une naissance avant terme, dépendant du degré de sévérité de la prématurité.

Il faut ici ajouter que si une seule des trois fonctions évoquées est déficitaire chez les enfants anciens prématurés, ou si les fonctions perturbées varient en fonction de la sévérité de la prématurité (*i.e.*, pour les différentes catégories d'enfants anciens prématurés considérées), alors ce résultat permettra de renforcer l'hypothèse du caractère séparable des fonctions inhibitrices.

Visant cet objectif et sur la base des résultats des analyses confirmatoires, nous calculerons chez les enfants des « scores d'efficience » pour chacune des trois fonctions attribuées à l'inhibition. Nous nous intéresserons alors à l'effet du statut à la naissance sur les niveaux d'efficience de ces fonctions.

Chapitre 4.

La pertinence du K-ABC dans l'étude du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés

L'utilisation d'une batterie d'intelligence standardisée constitue une étape préalable indispensable dans les recherches relatives au fonctionnement cognitif de populations infantiles spécifiques. La batterie K-ABC nous semble constituer un outil pertinent pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés (Deforge & Toniolo, 2004). Fonder cette proposition de manière empirique constitue la première étape de ce travail. Or, nous avons eu l'opportunité de juger de la pertinence du K-ABC par le biais de l'étude nationale Epipage relative au devenir à moyen terme d'enfants nés grands prématurés.

Nous présentons tout d'abord le cadre général de l'étude Epipage : le contexte dans lequel cette enquête a été lancée, ses objectifs et la méthodologie employée pour les atteindre.

Nous détaillons ensuite les caractéristiques de la batterie d'intelligence standardisée utilisée dans le cadre du bilan complet prévu par le protocole de l'étude à l'âge de 5 ans, en l'occurrence le K-ABC. Nous décrivons les échelles globales et subtests de cet instrument, et formulons plusieurs hypothèses relatives aux performances des enfants anciens prématurés et des témoins nés à terme à ceux-ci.

Enfin, nous exposons certains des résultats obtenus dans le cadre de cette enquête nationale.

1. L'étude Epipage

L'enquête Epipage (EPIdémiologie sur les Petits Ages GEstationnels) est une étude prospective, longitudinale, cas-témoins. Elle consiste en un suivi, depuis leur naissance jusqu'à l'âge de cinq ans, d'une population d'enfants nés grands prématurés en comparaison avec des enfants nés prématurés légers et des enfants nés à terme.

Cette enquête a été mise en place au premier janvier 1997 par l'unité 149 de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) du Professeur Bréart. Elle est coordonnée par le Docteur Larroque, et implique les équipes scientifiques et cliniques de chacune des neuf régions participantes.

L'équipe scientifique de la région Lorraine comprend notamment : Madame le Docteur André, Monsieur le Professeur Boutroy, Madame le Docteur Fresson, Monsieur le Professeur Hascoët et Monsieur le Professeur Vert.

1.1. Contexte

Au milieu des années quatre-vingt-dix, lorsque se prépare l'étude Epipage, le taux de grande prématurité (enfants nés avant 33 SA) est de 1,3% des naissantes vivantes. Il tend à augmenter depuis plusieurs années, principalement en raison de l'accroissement du nombre des grossesses multiples et du nombre des extractions précoces. Les progrès réalisés dans la prise en charge des enfants nés grands prématurés ont permis l'amélioration de leur survie, et particulièrement celle des enfants nés aux termes les plus bas.

L'augmentation du nombre des naissances très prématurées, conjuguée à une diminution de la mortalité associée à celles-ci, a pour corollaire l'augmentation du nombre d'enfants susceptibles de présenter des troubles du développement. Chez les survivants, le risque de développer des déficiences sensorielles, motrices ou cognitives sévères (telles que l'infirmité motrice cérébrale, la cécité, la surdité et le retard mental) demeure élevé. Par ailleurs, certains enfants anciens prématurés, pourtant indemnes de séquelle neurologique, présentent à l'âge scolaire des séquelles dites « mineures ». Celles-ci font référence à un ensemble de troubles qui touchent les habiletés visuo-motrices, le langage, le comportement, les fonctions mnésiques et attentionnelles. Bien que qualifiées de « légères », ces difficultés peuvent compromettre l'adaptation des enfants et leur qualité de vie, ainsi que celle de leur famille. La question du devenir de ces enfants, survivants à des naissances de plus en plus précoces, se pose alors de façon insistante.

Si les travaux réalisés dans ce domaine sont nombreux outre-Atlantique, les connaissances sur le développement à long terme des enfants nés prématurément restent, en France, largement insuffisantes. Or, l'extrapolation des résultats obtenus dans d'autres régions du monde à la situation française est rendue malaisée du fait des différences entre les pays dans les pratiques de prise en charge, particulièrement au niveau des politiques d'abstention ou d'arrêt des soins intensifs. De nombreux éléments d'informations indispensables à la mise en place de mesures de prévention et de rééducation restent ainsi à obtenir, concernant notamment la prévalence des troubles associés à une naissance prématurée et les facteurs en cause dans la survenue de ces difficultés.

C'est dans ce contexte particulier – et, nous l'avons vu, toujours d'actualité - qu'a été lancée l'étude Epipage, visant un certain nombre d'objectifs.

1.2. Objectifs

L'étude Epipage représente la première enquête épidémiologique de grande envergure en France. Elle vise essentiellement à mieux comprendre les causes de la naissance très prématurée et ses conséquences pour l'enfant et pour sa famille, et ce, en fonction de l'âge gestationnel et du poids de naissance.

L'étude Epipage a pour principaux objectifs (Larroque & le groupe Epipage, 2000) :
- la description du contexte et des causes des naissances très prématurées ;
- l'estimation de la prévalence de la grande prématurité ;
- la détermination des taux de mortinatalité et de survie à court et moyen terme ;
- la description des pratiques obstétricales et néonatales qui entourent la naissance prématurée, ainsi que l'étude des effets secondaires des techniques de réanimation et des traitements utilisés dans la prise en charge des grands prématurés ; et
-l'évaluation des conséquences d'une naissance prématurée sur la santé des enfants et sur leur développement, de la naissance jusqu'à l'âge de cinq ans.

Si elle s'intéresse aux conséquences « médicales » de la grande prématurité (et notamment aux déficiences neuro-sensorielles et aux handicaps majeurs qui peuvent lui être attribués), cette étude a aussi pour objectif, pour ce qui intéresse plus particulièrement le domaine de la psychologie, l'évaluation du développement psychomoteur -à moyen terme- des enfants nés grands prématurés. Elle cherche également à préciser les conséquences psychologiques et sociales de la grande prématurité, non seulement pour l'enfant mais également pour l'ensemble de sa famille[87].

Enfin, l'étude Epipage vise l'identification des facteurs susceptibles d'avoir une influence sur le développement de l'enfant et celle des interventions pouvant améliorer la qualité de vie des enfants nés grands prématurés.

1.3. Méthodologie

L'étude nationale Epipage est une étude multicentrique, cas-témoins, basée sur le suivi d'enfants nés à terme et prématurés depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 5 ans.

1.3.1. Une étude multicentrique

Epipage est une enquête de cohorte en population (c'est-à-dire menée sur un échantillon représentatif), multicentrique, qui concerne neuf régions françaises : l'Alsace, la Franche-Comté, le Languedoc-Roussillon, la Lorraine, le Midi-Pyrénées, le Nord-Pas-de-Calais, la Haute-Normandie, les Pays de Loire, Paris et la Petite Couronne.

En effet, un échantillon de taille suffisante est indispensable à l'étude du devenir des enfants en fonction de leur âge gestationnel. Etant donné la répartition des naissances par âge gestationnel estimée notamment à partir de l'enquête nationale périnatale de 1995, il est apparu que l'étude Epipage devait porter sur une zone géographique couvrant environ un tiers des naissances annuelles en France.

[87] L'étude Epipage s'intéresse à l'adaptation familiale et scolaire des enfants nés prématurément. Elle a également pour but d'analyser l'impact d'une naissance très prématurée sur la santé des parents et celle des autres enfants, sur les conditions de vie de la famille et sur l'activité professionnelle de la mère.

1.3.2. Une étude comparative

L'étude Epipage porte sur le devenir des enfants nés grands prématurés. De fait, l'enquête a pris en compte toutes les issues de grossesse (enfants nés vivants ou mort-nés et interruptions médicales de grossesse[88]) ayant eu lieu entre 22 et 32 SA ou avec un poids de naissance compris entre 500 et 1499 grammes quel que soit l'âge gestationnel[89], et survenues dans l'une des régions participantes entre le 1e janvier et le 31 décembre 1997[90].

Deux groupes témoins ont été formés pour les besoins de l'étude : un groupe « intermédiaire » constitué d'enfants nés vivants ou mort-nés à 33 et 34 semaines (prématurés légers), et un groupe de référence composé d'enfants nés vivants à terme, entre 39 et 41 semaines.

La constitution de ces différents groupes répond à deux objectifs principaux. Elle vise d'une part l'évaluation des conséquences de la prématurité moyenne, par comparaison des enfants nés à 33 et 34 semaines avec ceux nés à terme du groupe de référence, et d'autre part l'évaluation des conséquences de la grande prématurité, en comparant chaque groupe défini par une classe d'âge gestationnel spécifique (32, 31, 30 semaines...) aux enfants nés à 33 et 34 semaines et aux enfants nés à terme.

Quatre-vingt-seize pour cent des parents d'enfants nés grands prématurés ont accepté de participer à l'étude Epipage. Au total, 2573 enfants nés grands prématurés (avant 33 SA), 347 enfants nés prématurés légers à 33 ou 34 SA, et 558 enfants nés à terme ont été inclus dans le suivi de l'étude.

1.3.3. Confidentialité et éthique

Les concepteurs de l'étude Epipage se sont attachés à respecter la confidentialité des données individuelles ; ils se sont également préoccupés d'aspects éthiques.

Le protocole de l'étude a été soumis pour autorisation ou avis à diverses instances nationales. La Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL, avis favorable n° 460840 délibération en date du 9 Juillet 1996) et le Comité Consultatif National d'Ethique pour les sciences de la vie et de la santé ont donné un avis favorable au projet.

---

[88] Les interruptions médicales de grossesse ont été incluses en raison de l'impact des politiques les concernant sur les taux de mortinatalité et de naissances vivantes aux faibles âges gestationnels et sur les chances de survie des enfants nés vivants.

[89] L'étude Epipage ayant pour principal objectif l'étude du devenir des enfants nés grands prématurés, le principal critère de recrutement est l'âge gestationnel. Toutefois, le poids de naissance a été pris en compte comme critère de recrutement additionnel, et ce, afin de permettre une comparaison avec les études – très nombreuses - qui portent sur les enfants de très petit poids de naissance.

[90] La région Paris Petite Couronne représentant un nombre important de naissances, le recrutement y a duré six mois alors qu'il a duré un an dans les autres régions. Par ailleurs et afin d'étudier plus précisément le devenir des enfants nés très précocement, un recrutement supplémentaire d'enfants nés vivants entre 22 et 26 SA a été réalisé (Larroque & al., 2000).

1.3.4. Suivi et bilan clinique complet à 5 ans

Entre la sortie de l'enfant de l'hôpital et son cinquième anniversaire, des contacts ont été établis avec les familles afin de recueillir des informations sur la santé et le développement de l'enfant : 2 mois après la sortie de l'hôpital, aux âges de 9 mois, 1 an, 2, 3 et 4 ans. Jusqu'à cet âge, le suivi a été réalisé par le biais de questionnaires envoyés aux familles[91]. Un questionnaire a également été adressé au médecin qui suit l'enfant, lorsque ce dernier a atteint l'âge de deux ans. Il visait essentiellement à établir un bilan des éventuels handicaps et troubles neurologiques, graves ou modérés, de l'enfant.

A l'âge de 5 ans enfin, un bilan clinique complet était proposé aux familles dans les différents centres participant à l'étude Epipage. Au cours de ce bilan, les enfants étaient soumis à un examen médical[92] et à une évaluation psychologique. Il était également demandé aux parents de remplir différents questionnaires[93]. Ce bilan visait l'obtention d'éléments d'information sur le développement physique et psychomoteur de l'enfant, sur son comportement, et sur l'existence éventuelle d'anomalies ou de pathologies.

L'évaluation psychologique était réalisée dans la plupart des cas – sauf lorsque l'enfant ne souhaitait pas être séparé de la personne qui l'accompagnait - avec l'enfant seul, avant ou après l'examen médical prévu par le protocole de l'étude. Au cours de celle-ci, les enfants étaient soumis aux subtests de la batterie d'intelligence K-ABC, ainsi qu'aux épreuves « Compréhension Verbale » et « Figures Géométriques » de la WIPPSI[94]. L'administration et la cotation de ces épreuves étaient effectuées dans le respect des règles préconisées par les auteurs des tests. L'ensemble de la passation prenait environ une heure trente, après quoi les parents recevaient quelque information sur son déroulement.

---

[91] Le premier questionnaire, envoyé deux mois après le retour de l'enfant à la maison, concernait la manière dont s'est passée cette étape, les soins apportés à l'enfant et l'organisation de la vie quotidinne ; il comportait aussi l'opinion de la mère sur le séjour de l'enfant à l'hôpital. A 9 mois, les questions posées étaient relatives aux recours aux soins et à la prise en charge de l'enfant, à sa santé, son développement et son comportement, ainsi qu'à son mode de garde. Elles concernaient aussi l'activité professionnelle de la mère et son état de santé. Le père faisait également part de son opinion sur l'hospitalisation de l'enfant, sur son développement et sa santé. Entre un an et quatre ans, les questionnaires visaient surtout à apprécier le développement neurologique et psychomoteur, le comportement, et l'état de santé général de l'enfant.

[92] L'examen médical de l'enfant, réalisé par un pédiatre en présence des parents, comportait un examen clinique (avec mesures du poids, de la taille et du périmètre crânien de l'enfant) et un examen neurologique (test de Touwen) visant l'identification, le cas échéant, de troubles neurologiques mineurs. Durant cet examen médical, aucun prélèvement ou examen invasif n'était effectué.

[93] Le premier de ces questionnaires cherchait à recueillir des informations sur la santé de l'enfant, de sa mère, et sur leurs conditions de vie. Le deuxième – le « Questionnaire de l'enfant à la maison » -, constitué de questions tirées du HOME, concernait les relations entre les parents et leur enfant, le mode d'éducation, les apprentissages réalisés par l'enfant avec l'aide de ses parents et les sorties de l'enfant, entre autres. Le dernier, qui a pour base le *Strength and Difficulty Questionary,* portait davantage sur la scolarisation de l'enfant, sur son mode de garde, ainsi que sur les éventuelles difficultés au niveau du sommeil, de l'alimentation, ou encore du comportement de l'enfant.

[94] Dans l'épreuve de « Compréhension verbale », l'enfant doit répondre à des questions qui font appel à ses capacités de raisonnement dans un contexte social ; dans celle de « Figures géométriques », il doit dans une première partie reconnaître une figure cible parmi quatre proposées, et dans une seconde partie reproduire sur une feuille des figures géométriques qui lui sont présentées. Ces deux subtests apparaissent comme d'excellents compléments au K-ABC.

2. La batterie d'intelligence K-ABC comme instrument d'évaluation psychologique utilisé dans le cadre du bilan à 5 ans

Les enfants rencontrés pour l'étude Epipage ont passé les subtests de la batterie d'intelligence K-ABC. Suite à quelques précisions sur cet instrument, nous décrivons les épreuves qui le composent.

2.1. Caractéristiques de la batterie d'intelligence K-ABC

Le K-ABC ou *Kaufman Assessment Battery for Children* (Kaufman & Kaufman, 1983 ; version française, 1993) constitue un test d'intelligence et de connaissances, qui permet l'évaluation psychologique d'enfants depuis l'âge de deux ans et demi jusqu'à l'âge de douze ans et demi.

Le K-ABC présente l'avantage de reposer sur de solides références théoriques issues de disciplines diverses. Celles-ci s'accordent sur l'existence de deux catégories de processus impliqués dans les apprentissages : les processus séquentiels et ceux simultanés (Kaufman, 1984). A la fin des années soixante-dix, les recherches en neuropsychologie avaient abouti à une conception dichotomique des processus intellectuels selon la prédominance de celui des deux hémisphères qui les sous-tendait (Das, Kirby & Jarman, 1975 ; Luria, 1970, 1973). L'hémisphère gauche était considéré comme le support des processus séquentiels et langagiers, le droit comme celui des processus simultanés et non-verbaux (Pichot, 1994). Dans le même temps, plusieurs auteurs cognitivistes opposaient les processus successifs et parallèles (Neisser, 1967), mettant l'accent sur le processus mental à l'œuvre lors de la résolution de problèmes plutôt que sur le contenu de leurs items, comme c'est le cas avec le WISC.

Construit sur cette dichotomie, le K-ABC comporte deux échelles d'intelligence. Celles-ci renvoient à la notion d'intelligence fluide telle que la définissent Horn et Cattell (1966), c'est-à-dire comme un fonctionnement souple et adaptable face à des problèmes nouveaux. L'échelle des Processus Séquentiels mesure essentiellement la capacité d'un enfant à résoudre des problèmes en traitant les stimuli selon un ordre sériel, permettant ainsi une évaluation de la mémoire immédiate. L'échelle des Processus Simultanés privilégie la mesure de la capacité à traiter des problèmes impliquant l'organisation et l'intégration de nombreux stimuli de manière parallèle (Kaufman, 1994). Une échelle globale, dite des Processus Mentaux Composites, combine les précédentes ; elle autorise par là une estimation du niveau de fonctionnement intellectuel des individus.

Le K-ABC comporte de surcroît une échelle des Connaissances qui permet l'évaluation des acquisitions, surtout scolaires. Le fait que ces dernières soient évaluées par une échelle distincte s'explique en tant que l'un des principaux objectifs des auteurs était d'obtenir une mesure originale de l'intelligence fluide qui, sans qu'elle ne puisse s'en soustraire complètement (Kaufman, 1984), exclurait au maximum l'influence du langage, des connaissances et des compétences acquises (Kamphaus & Reynolds, 1984), et donc du milieu socio-culturel de l'enfant.

Outre ses solides fondements théoriques, l'un des autres avantages de ce test tient au fait qu'il autorise – comme par ailleurs l'ensemble des batteries multi-subtests - la pratique d'analyses de dispersion (*scatter*) sur la base des profils spécifiques à chaque sujet. Le K-ABC est précisément conçu pour révéler les processus privilégiés par l'enfant, autrement dit pour mettre en évidence son style d'apprentissage (Lussier & Flessas, 2001). Les échelles des Processus Mentaux ont ainsi pour principaux objectifs non seulement de décrire le niveau d'efficience, mais aussi, par le biais d'analyses de dispersion, d'identifier le style préférentiel du fonctionnement mental d'un enfant (Schmitt, 1995), ses forces et ses faiblesses (Anastasi, 1984). Kaufman et Kaufman visaient en cela la possibilité d'une « traduction active des résultats en intervention pédagogique directe » (Kaufman, 1994, p.31).

Ces caractéristiques ne constituent pas les seules raisons ayant présidé au choix du K-ABC pour l'examen psychologique des enfants évalués dans le cadre de l'étude Epipage. L'utilisation de cet outil tient également à la qualité de sa standardisation - l'étalonnage du K-ABC a été effectué à partir d'un échantillon de 1200 enfants âgés de 2 ans et demi à 12 ans et demi -, ainsi qu'à sa facilité de passation[95]. Si ces deux caractéristiques font de cette batterie multi-subtests une excellente échelle de développement, il semble en outre que le K-ABC est particulièrement pertinent pour l'évaluation « psycho-pédagogique » des enfants en difficulté d'apprentissage (Petot, 1999), ce qui semble être le cas pour un certain nombre d'enfants nés grands prématurés. Enfin, le K-ABC a été utilisé dans deux autres études européennes qui concernaient le devenir des enfants nés prématurés, l'une en Allemagne et l'autre en Angleterre. Le choix de cet outil d'évaluation pour l'étude Epipage devait ainsi permettre de comparer les résultats obtenus en France avec ceux de ces études.

2.2. Description des échelles globales et des subtests du K-ABC

La batterie d'intelligence K-ABC comporte 5 échelles globales : l'échelle des Processus Séquentiels, l'échelle des Processus Simultanés, l'échelle des Processus Mentaux Composites, l'échelle Non Verbale et l'échelle des Connaissances.

*L'échelle Séquentielle permet d'évaluer les capacités de mémoire immédiate, visuelle et auditive. Cette échelle comporte trois subtests ; tous sont soumis aux enfants âgés de 5 ans.

Mouvements de main : Dans cette épreuve, l'enfant a pour consigne d'exécuter une séquence gestuelle – composée à partir de trois gestes différents - dans le même ordre que la démonstration du psychologue.

Mémoire immédiate des chiffres : Dans cette épreuve, l'enfant doit répéter des séries de chiffres, de plus en plus longues, dans l'ordre donné par le psychologue.

---

[95] Ce critère, qui a pour conséquence une limitation du nombre d'erreurs commises par l'examinateur au cours de la passation des épreuves, a eu une importance particulière lors du choix de l'outil d'évaluation psychologique qui serait utilisé dans le cadre de l'étude Epipage. En effet, l'objectif était de majorer le pourcentage d'examens qui pourraient être retenus.

Suite de mots : Dans cette épreuve, l'enfant doit toucher du doigt une série de dessins d'objets familiers, dans l'ordre dans lequel le psychologue les a nommés. La seconde partie de ce subtest, proposée aux enfants âgés de 6 ans et plus, comporte une tâche perturbatrice entre le stimulus et la réponse. L'enfant doit ainsi nommer des couleurs pendant 5 secondes suivant la présentation des mots, avant de les rappeler.

*L'échelle Simultanée évalue certaines habiletés impliquées dans la résolution de problèmes basés sur des informations visuelles et spatiales. Cette échelle comporte sept subtests, dont quatre seulement sont proposés aux enfants de 5 ans. Tel que préconisé dans le Manuel d'Administration et de Cotation de la batterie K-ABC (Kaufman & Kaufman, 1993a), l'épreuve Séries de Photos a été soumise aux quelques enfants âgés de 6 ans ou plus rencontrés dans le cadre de l'étude Epipage[96].

Reconnaissance de formes : Dans cette épreuve, il s'agit pour l'enfant d'identifier un objet ou une scène présentés sous forme d'un dessin incomplet.

Triangles : Dans cette épreuve, l'enfant doit assembler plusieurs triangles identiques – dont les deux faces sont de couleurs différentes - pour reproduire un dessin abstrait.

Matrices analogiques : Dans cette épreuve, l'enfant doit choisir la bonne image ou le dessin abstrait qui complète une matrice par analogie

Mémoire spatiale : Dans cette épreuve, l'enfant doit rappeler l'emplacement de dessins sur une page qui a été brièvement exposée.

Séries de photos : Dans cette épreuve, l'enfant doit ranger les photos d'un événement dans leur ordre chronologique.

Sur la base de tables dites d'étalonnage et en fonction de leur âge, les notes brutes (qui correspondent au nombre d'items réussis) obtenues par les enfants aux différents subtests des échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC sont transformées en notes normalisées de moyenne 10 et d'écart-type 3, appelées notes d'échelles. Ces dernières permettent de déterminer des notes globales à quatre échelles distinctes : non seulement à l'échelle des Processus Séquentiels et à celle des Processus Simultanés, mais aussi à l'échelle des Processus Mentaux Composites – qui combine les deux précédentes - et à celle Non Verbale[97]. Ainsi, la somme des notes d'échelles permet d'aboutir à des notes globales standardisées, de moyenne 100 et d'écart-type 15.

---

[96] Les deux autres subtests de l'échelle Simultanée du K-ABC sont : Fenêtre Magique dans lequel l'enfant doit identifier des dessins non visibles entièrement, et Reconnaissance de Personnes dans lequel il doit reconnaître au sein d'un groupe une personne dont la photo lui a été présentée juste avant. Ces deux épreuves sont proposées aux enfants de moins de 5 ans.

[97] Pour les enfants âgés de 5 ans, la note globale à l'échelle Non Verbale du K-ABC est établie à partir de la somme des notes d'échelles aux subtests Mouvements de Main, Triangles, Matrices Analogiques et Mémoire Spatiale. La note à Séries de Photos est ajoutée à celles précédentes en ce qui concerne les enfants de 6 ans ou plus.

*Par ailleurs, l'échelle des Connaissances de la batterie K-ABC permet une mesure des concepts verbaux, des faits mémorisés et des compétences acquises essentiellement dans le cadre scolaire. Cette échelle comprend six subtests, dont quatre sont proposés aux enfants de 5 ans.

Personnages et Lieux Connus : L'enfant doit identifier des lieux, monuments ou personnages connus, héros de contes ou de bandes dessinées.

Arithmétique : Dans cette épreuve, l'enfant doit montrer son aptitude à identifier des nombres, à compter et à calculer. Il doit encore faire preuve d'une compréhension d'autres concepts mathématiques.

Devinettes : Dans cette épreuve, l'enfant doit trouver le nom d'un concept – concret ou abstrait pour les items les plus difficiles - à partir de l'énoncé de plusieurs de ses caractéristiques.

Lecture et Déchiffrement : Les premiers items impliquent que l'enfant identifie des lettres, en minuscule puis en majuscule. Les items suivants requièrent qu'il lise des mots.

Les notes brutes des enfants aux subtests de Connaissances sont transformées en notes standardisées, de moyenne 100 et d'écart-type 15. La somme de ces notes standard permet d'obtenir la note globale à l'échelle des Connaissances, elle aussi de moyenne 100 et d'écart-type 15.

Compte tenu des processus en jeu dans la résolution des différents subtests du K-ABC (Kaufman & Kaufman, 1993b) et sur la base de la revue de la littérature effectuée relative aux séquelles mineures d'une naissance avant terme, nous formulons plusieurs hypothèses à propos des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés au K-ABC.

2.3. Hypothèses relatives aux performances des enfants nés à terme *vs* prématurés au K-ABC

Certains auteurs ont abouti à la mise en évidence de profils de notes particuliers au K-ABC dans des populations spécifiques d'enfants qui présentaient soit des lésions cérébrales, soit des troubles du développement. Pour ce qui concerne les enfants cérébro-lésés, les enfants IMC (Kaufman & Kaufman, 1993b) et ceux atteints d'hémiplégie spastique (Shimizu, 1999) semblent privilégier le mode séquentiel de traitement des informations. A l'inverse, les enfants hémiplégiques - qui font partie du groupe plus large d'enfants IMC mais sont beaucoup moins handicapés sur le plan moteur - (Gonzalez & al., 1996) et ceux épileptiques (Haverkamp, Hanisch, Mayer & Noeker, 2001) réalisent de meilleures performances en simultané. Concernant les enfants avec troubles du développement, les enfants manifestant des problèmes d'attention (Entwistle & al., 1997 ; Gomot & al., 2000) et ceux hyperactifs (Carter, Zelko, Oas & Waltonen, 1990 ; Gomot & al., 2000 ; Robitaille & al., 1990 ; Tremblay & Thomas, 1992) obtiennent des scores plus élevés en simultané qu'en séquentiel.

C'est aussi le cas des enfants avec difficultés langagières – et notamment des enfants dyslexiques, quelle que soit la forme de dyslexie développementale présentée (Plaza, 2001) -, tandis que le pattern inverse est observé chez des enfants en difficulté d'apprentissage dans le domaine non-verbal (Chow & Skuy, 1999).

Sur la base des conclusions des études qui viennent d'être rapportées et au regard de la littérature relative au devenir des enfants nés prématurément, il nous semble légitime d'envisager que les troubles liés à la prématurité, qui sont fonction de sa sévérité, puissent être actualisés au travers des scores des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. Nous émettons à ce propos plusieurs hypothèses.

Tout d'abord, les troubles de l'attention - et l'anxiété - fréquemment observés chez les enfants nés prématurément, qui sont d'autant plus importants que l'âge gestationnel ou le poids de naissance est faible (Hack & al., 1994 ; Klenanov & al., 1994), devraient influencer négativement les performances aux trois épreuves de mémoire immédiate impliquant un traitement successif des stimuli (à savoir « Mouvements de main », « Mémoire des chiffres » et « Suites de mots »), comme par ailleurs les résultats à « Mémoire spatiale » de l'échelle Simultanée. Les enfants anciens prématurés devraient alors obtenir en Séquentiel des scores d'autant plus faibles que la prématurité est sévère.

Ensuite, certains enfants nés grands ou très grands prématurés souffrent de troubles oculomoteurs ou de dysfonctionnements cérébraux affectant le traitement de l'information visuelle (voir notamment Mazeau, 1997 ; Keith & Kitchen, 1983). On peut suggérer l'hypothèse de leur effet néfaste sur les performances aux subtests de l'échelle Simultanée qui nécessitent pour la plupart une intégration des stimuli en une représentation spatiale, ainsi qu'à l'épreuve « Mouvements de main » de l'échelle Séquentielle où les stimuli à rappeler sont visuels. En contrepartie, ces troubles ne devraient avoir aucune incidence sur les performances aux autres épreuves de mémoire immédiate dans lesquelles les stimuli sont présentés selon la modalité auditive. Les enfants anciens grands prématurés éprouvent en outre des difficultés à traiter différents stimuli au même moment (Wolke, 1998), comme le requièrent les tâches impliquant l'intégration visuo-motrice et le raisonnement logique (Saigal & al., 1991 ; Wolke & Meyer, 1994). Ces difficultés sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère. Davantage encore que chez les enfants nés grands prématurés, on peut donc envisager de plus faibles performances en Simultané chez les enfants nés aux termes les plus extrêmes, en comparaison avec des témoins nés à terme.

On pourrait en conséquence observer des profils de notes différents chez les enfants nés avant terme au K-ABC, en fonction du degré de prématurité.

- *Les enfants nés prématurés légers pourraient présenter des scores plus faibles que ceux des témoins à l'échelle Séquentielle ; en revanche, ils ne devraient pas se distinguer des enfants nés à terme en ce qui concerne leurs performances en Simultané.*

- *Les enfants nés grands et très grands prématurés devraient obtenir des résultats inférieurs à ceux des témoins à l'échelle Séquentielle, mais aussi – et surtout - à l'échelle Simultanée qui évalue les habiletés visuo-spatiales.*

3. Principaux résultats obtenus dans le cadre de l'étude Epipage

La majorité des données exposées au cours de ce chapitre provient d'enfants rencontrés au sein du Service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Toutefois, nous avons également pu avoir accès aux résultats d'enfants évalués dans d'autres centres de la région Lorraine qui participaient à l'étude Epipage. Il s'agit en l'occurrence des maternités des villes de Metz, Thionville, Saint-Avold et Remiremont.

Finalement, les données que nous présentons concernent 251 enfants vus dans l'un des centres mentionnés[98], dans le cadre du bilan réalisé à l'âge de 5 ans prévu par le protocole de l'étude Epipage. Ces enfants ont, pour la plupart, été évalués au cours de l'année 2002. Toutefois, le recrutement des enfants nés aux termes les plus bas (enfants nés « prématurissimes » entre 22 et 26 SA), qui avait débuté en 1997, s'est poursuivi l'année suivante dans le but d'augmenter l'effectif de ce groupe. De fait, quelques enfants ont été rencontrés au cours de l'année 2003 pour le bilan à 5 ans.

Il faut également noter que quelques enfants n'ont pas passé, souvent parce qu'ils étaient fatigués, l'ensemble des épreuves qui leur ont été proposées.

En présentant les résultats de l'étude Epipage, notre principal objectif est de déterminer s'il existe un profil particulier de notes au K-ABC, dépendant de la sévérité de la prématurité. Nous comparons alors les performances à cette batterie des différentes catégories d'enfants établies en fonction de l'âge gestationnel ou, en d'autres termes, du « statut à la naissance » (enfants nés à terme, prématurés légers, grands prématurés *vs* très grands prématurés). De façon plus précise, nous cherchons à déterminer si la variable « statut » a un effet significatif sur les scores des enfants aux différentes échelles globales et aux différents subtests du K-ABC.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 9.0.

3.1. Principales caractéristiques de l'échantillon

Nous décrivons tout d'abord les principales caractéristiques de l'échantillon : âge gestationnel, poids à la naissance et âge au moment de l'évaluation, et ce, pour chacun des groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance. Nous nous intéressons ensuite à plusieurs autres variables relatives à l'enfant et à sa famille connues pour influer sur le développement des enfants anciens prématurés.

[98] Parmi ces 251 enfants, 164 ont été rencontrés à la Maternité Régionale de Nancy, 28 à Remiremont, 26 à Thionville, 19 à Metz et 14 à Saint-Avold.

3.1.1. Age gestationnel, poids à la naissance et âge au moment de l'évaluation

Parmi les 251 enfants évalués dans le cadre du bilan à 5 ans prévu par le protocole de l'étude Epipage, 36 enfants sont nés à terme, 49 prématurés légers, 130 grands prématurés et 36 très grands prématurés.

Le tableau 4.1 fournit les moyennes, les écart-types, les valeurs minimales et maximales relatives à l'âge gestationnel et au poids à la naissance dans les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance.

Tableau 4.1 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands prématurés (28-32 SA)**	**Très grands prématurés < 28 SA**
		Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]
	N	36	49	130	36
AGE GESTATIONNEL (SA : semaines d'aménorrhée)		**39,53 ± 0,65** [38-41]	**33,51 ± 0,58** [33-35[99]]	**30,72 ± 1,39** [28-32,5]	**26,14 ± 0,92** [23-27]
POIDS A LA NAISSANCE (grammes)		**3414 ± 375** [2750-4250]	**1724 ± 455** [1070-3700]	**1455 ± 370** [630-2370]	**886 ± 154** [550-1160]

L'âge moyen de l'ensemble des enfants à la date de l'évaluation était de 5 ans et 2 mois ± 2 mois (61,86 ± 2,41 mois plus exactement), avec un âge minimum de 5 ans et un âge maximum de 6 ans et 1 mois. Une analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif du statut à la naissance au niveau de l'âge moyen auquel les enfants ont été évalués ($F = 0,65$; $p = 0,59$).

3.1.2. Autres variables relatives à l'enfant et à sa famille

Nous disposons d'un certain nombre de renseignements relatifs aux enfants évalués dans le cadre de l'étude Epipage ou à leurs familles.

[99] L'un des groupes de référence de l'étude Epipage est théoriquement constitué d'enfants anciens prématurés légers, nés à 33 ou à 34 SA. Néanmoins, quelques enfants nés à 35 SA ont été évalués dans le cadre de cette enquête. Suivant la catégorisation présentée au premier chapitre, nous avons inclus ces enfants dans le groupe de ceux nés prématurés légers.

Pour ce qui concerne l'enfant et outre l'origine (*i.e.*, le centre dans lequel il a été évalué), l'âge à la date de l'évaluation, l'âge gestationnel et le poids à la naissance – et donc le « statut à la naissance » -, nous avons pris en compte : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance et le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse. La catégorisation des enfants sur la variable Hypotrophie a été établie sur la base des tables de Yudkin, Aboualfa, Eyre, Redman & Wilkinson (1987).

Pour ce qui est des variables socio-environnementales prises en compte, nous disposons du niveau d'études de la mère et du statut marital des parents. L'éventuelle présence de tabagisme maternel au cours de la grossesse ainsi que le fait que l'enfant soit ou non bilingue ont également été notées.

Le tableau 4.2 présente les fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide – après exclusion des données manquantes -) relatives aux différentes modalités de trois variables ayant, au regard de la littérature, un impact particulièrement important sur le développement des enfants nés prématurément : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance et le niveau de scolarité de la mère. Compte tenu du peu d'études et donc du manque de connaissances sur le rôle du caractère singulier *vs* multiple de la grossesse sur le développement des enfants nés avant terme, nous nous sommes également intéressés à cette variable. Les fréquences apparaissent pour les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance.

Pour ne pas alourdir la présentation des résultats, les analyses descriptives concernant les autres variables relatives à l'enfant et à sa famille prises en compte pour cette étude, en l'occurrence des variables Situation Maritale, Tabagisme et Bilinguisme, sont fournies en annexe (Annexe IV.1). En effet, l'impact de ces facteurs sur le développement cognitif des enfants anciens prématurés est moins clairement établi. De fait, nous ne nous attendions pas à ce que ces variables aient une influence sur les performances des enfants au K-ABC ; cela a d'ailleurs été vérifié[100].

[100] Il apparaît, au regard des résultats des tests d'homogénéité effectués, que les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance sont répartis de façon identique en ce qui concerne les variables Situation Maritale, Tabagisme et Bilinguisme. Par ailleurs, nous avons réalisé plusieurs analyses de régression multiple avec chacune des notes globales au K-ABC comme variables dépendantes, et le statut à la naissance, la situation maritale, la présence ou l'absence de tabagisme au cours de la grossesse et le fait que l'enfant soit ou non bilingue comme variables explicatives. Hormis le statut à la naissance et à une exception près, aucune des variables Situation Maritale, Tabagisme et Bilinguisme n'apporte de contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les variables dépendantes considérées. Si l'apport de la variable Tabagisme dans l'explication des fluctuations des scores en Connaissances est significatif lorsque cette variable est introduite avec la variable Statut, il ne l'est plus après introduction de la variable Niveau d'Etudes de la Mère.

Tableau 4.2 : Fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère, en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme (≥ 37 SA)		Prématurés légers (33-36 SA)		Grands prématurés (28-32 SA)		Très grands prématurés (< 28 SA)	
	N	36		49		130		36	
		Effectif	Pourcent. valide (%)*	Effectif	Pourcent. valide (%)*	Effectif	Pourcent. valide (%)*	Effectif	Pourcent. valide (%)*
SEXE	Féminin	13	36,1	26	53,1	61	46,9	15	41,7
	Masculin	23	63,9	23	46,9	69	53,1	21	58,3
HYPOTROPHIE	Non	36	100,0	26	53,1	112	86,2	35	97,2
	Oui	0	0,0	23	46,9	18	13,8	1	2,8
GROSSESSE MULTIPLE	Non	36	100,0	24	49,0	98	75,4	30	83,3
	Oui	0	0,0	25	51,0	32	24,6	6	16,7
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	Aucun	1	2,9	2	4,4	0	0,0	0	0,0
	CAP-BEP	13	37,1	21	46,7	53	44,2	19	57,6
	Bac	6	17,1	11	24,4	26	21,7	6	18,2
	>BAC	15	42,9	11	24,4	41	34,2	8	24,2
	Manquante	1		4		10		3	

*Pourcentage valide, calculé après exclusion des données manquantes

Nous testons à présent l'hypothèse d'une répartition identique des différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance pour les quatre caractères étudiés, à savoir : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère. Le test d'homogénéité de k populations est utilisé, visant cet objectif et dans le respect de ses conditions d'application.

Tableau 4.3 : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère

	Valeur du $\chi 2$ de Pearson	ddl	Signification
SEXE	2,716	3	0,438
HYPOTROPHIE	45,131	3	**<0,001**
GROSSESSE MULTIPLE	30,954	3	**<0,001**
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	11,299	9	0,256

Les tests d'homogénéité réalisés montrent que les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance se répartissent de façon identique pour les variables Sexe ($\chi2 = 2,72$; ddl = 3 ; $p = 0,438$) et Niveau d'Etudes de la Mère ($\chi2 = 11,30$; ddl = 9 ; $p = 0,256$). En revanche, les différents groupes d'enfants ne sont pas répartis de façon identique en ce qui concerne les caractères Hypotrophie ($\chi2 = 45,13$; ddl = 3 ; $p < 0,001$) et Grossesse Multiple ($\chi2 = 30,95$; ddl = 3 ; $p < 0,001$).

Ces résultats mettent en exergue les problèmes liés, dans les études comparatives, à l'existence de variables « parasites ». Ils impliquent également que, si tant est que ces variables aient une influence sur les performances des enfants aux épreuves considérées pour cette étude, les groupes d'enfants devront être rendus équivalents sur les variables Hypotrophie et Grossesse Multiple. En d'autres termes, cela signifie que les proportions des enfants nés eutrophiques *vs* hypotrophes et les proportions des enfants issus de grossesse unique *vs* issus de grossesse multiple devront être comparables dans les différents groupes distingués en fonction du statut à la naissance.

3.2. Performances des enfants aux échelles globales du K-ABC

Notre principal objectif est, sur la base des données issues de l'étude Epipage, d'éprouver la pertinence de la batterie standardisée d'intelligence K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés. Nous nous intéressons donc essentiellement à l'effet du statut à la naissance sur les scores aux différentes échelles globales de cet instrument.

Pour « alléger » cette présentation, nous ne considérons pas les performances des enfants à l'échelle Non Verbale. En effet, celle-ci est spécifiquement conçue pour l'évaluation d'enfants ne maîtrisant pas la langue – non francophones -, présentant des difficultés langagières, ou encore déficients auditifs (Kaufman & Kaufman, 1993b). Or, cela n'était *a priori* pas le cas des enfants rencontrés pour Epipage.

Nous venons de montrer, par des tests d'homogénéité (tableau 4.3), que les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance se répartissent de façon identique en ce qui concerne les variables Sexe et Niveau d'Etudes de la Mère. Nous avons par ailleurs effectué des analyses en régression linéaire multiple afin de déterminer les principales variables influençant le fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés. Les résultats de ces analyses sont présentés plus loin, dans la partie 3.2.3. Au regard de ces résultats, il apparaît que les variables Hypotrophie et Grossesse Multiple, pour lesquelles les quatre groupes ne sont pas répartis de façon identique, n'ont pas d'influence (ou seulement une influence minime sur les scores à l'échelle des Connaissances pour ce qui est de la variable Grossesse Multiple) sur les notes globales au K-ABC.

De fait, il nous semble légitime d'effectuer les analyses statistiques - descriptives puis univariées - concernant les performances aux échelles globales du K-ABC sur la base des données relatives à l'ensemble des 251 enfants considérés dans cette étude.

Néanmoins, 10 de ces enfants n'ont pas passé l'ensemble des subtests proposés. Pour 9 d'entre eux, il n'a pas été possible de calculer de notes globales à l'ensemble des échelles du K-ABC. Pour un enfant né grand prématuré, ce calcul a été effectué selon la méthode du prorata (Kaufman & Kaufman, 1993b). Les analyses statistiques relatives aux performances des enfants aux échelles globales du K-ABC portent donc sur 242 enfants, celles relatives à leurs performances aux différents subtests portent sur 241 enfants.

3.2.1. Analyses descriptives

Le tableau 4.4 présente les indicateurs de tendance centrale et de dispersion (moyenne ± écart-type) relatifs aux quatre échelles globales du K-ABC (Séquentielle, Simultanée, Processus Mentaux Composites – PMC - et Connaissances), pour les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance.

Tableau 4.4 : Scores (moyenne ± écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands prématurés (28-32 SA)**	**Très grands prématurés (< 28 SA)**
N	35	47	125	35
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Echelle Séquentielle	105,97 ± 14,53	99,47 ± 13,98	94,31 ± 14,61	96,66 ± 14,61
Echelle Simultanée	117,97 ± 17,55	106,34 ± 17,79	102,72 ± 17,31	95,54 ± 15,94
Echelle des PMC	114,88 ± 15,75	103,36 ± 14,43	98,35 ± 15,94	94,80 ± 15,98
Echelle des Connaissances	107,88 ± 16,92	100,32 ± 13,28	98,34 ± 16,30	92,03 ± 12,62

Nous avions émis quelques hypothèses relatives aux performances des différents groupes d'enfants considérés aux échelles globales du K-ABC.

Nous nous attendions tout d'abord à ce que les scores des enfants à l'échelle Séquentielle, dont les épreuves impliquent les capacités d'attention, soient d'autant plus faibles que la prématurité est sévère. Les enfants anciens prématurés semblent effectivement, au regard des résultats fournis par le tableau 4.4, réaliser des performances inférieures à celles des témoins en Séquentiel. Toutefois, les résultats moyens obtenus par les trois groupes d'enfants anciens prématurés n'apparaissent pas différer en fonction du degré de sévérité de la prématurité. Ainsi, la note moyenne obtenue par les enfants nés très grands prématurés est légèrement supérieure à celle obtenue par les enfants nés grands prématurés.

Nous prévoyions ensuite que les enfants nés grands ou très grands prématurés, mais non ceux nés prématurés légers, obtiennent des scores inférieurs à ceux des témoins à l'échelle Simultanée qui évalue plusieurs habiletés visuo-spatiales. Nous nous attendions également à ce que les enfants nés aux termes les plus bas réalisent les plus faibles performances. Si cette dernière hypothèse semble se trouver confirmée, il apparaît aussi que les enfants nés prématurés légers éprouvent certaines difficultés dans le domaine visuo-spatial.

Ces observations vont être précisées par le biais d'analyses univariées.

3.2.2. Analyses univariées

Pour chacune des échelles globales du K-ABC, nous souhaitons tester l'hypothèse Ho de l'égalité des moyennes obtenues par les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance. Une analyse de la variance (*ANalysis Of VAriance* ou ANOVA) à un facteur (« statut ») se trouve ici justifiée, si tant est que, pour chacune des variables dépendantes considérées : les distributions des scores dans les différents groupes d'enfants sont régies par des lois normales et les différents groupes d'enfants présentent une variance similaire.

Pour chacune des variables dépendantes considérées, nous effectuons donc quatre tests de normalité (un pour chacun des groupes d'enfants), ainsi qu'un test d'égalité des variances (test de Levene). Nous utilisons le test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour le groupe des enfants nés grands prématurés dont l'effectif est supérieur à 50, le test de Shapiro-Wilk pour les autres groupes (tableau 4.5). Les significations considérées pour déterminer s'il convient de rejeter ou non l'hypothèse nulle de normalité des distributions sont celles indiquées en gras dans le tableau.

Tableau 4.5 : Tests de normalité des distributions des scores aux échelles globales du K-ABC dans les différents groupes d'enfants

		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	STATUT	**Stat.**	**ddl**	**Sign.**	**Stat.**	**ddl**	**Sign.**
Séquentiel	A terme	,080	34	,200(*)	,978	34	**,756**
	Prématurés légers	,084	47	,200(*)	,961	47	**,237**
	Grands prématurés	,072	125	**,176**			
	Très grands prématurés	,140	35	,080	,946	35	**,126**
Simultané	A terme	,093	34	,200(*)	,981	34	**,842**
	Prématurés légers	,127	47	,057	,966	47	**,336**
	Grands prématurés	,071	125	**,200**			
	Très grands prématurés	,084	35	,200(*)	,976	35	**,689**
PMC	A terme	,085	34	,200(*)	,977	34	**,717**
	Prématurés légers	,121	47	,082	,953	47	**,095**
	Grands prématurés	,035	125	**,200(*)**			
	Très grands prématurés	,149	35	,048	,962	35	**,393**
Connaissances	A terme	,076	34	,200(*)	,989	34	**,976**
	Prématurés légers	,063	47	,200(*)	,953	47	**,097**
	Grands prématurés	,061	125	**,200(*)**			
	Très grands prématurés	,101	35	,200(*)	,944	35	**,106**

** Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.*

Dans tous les cas, les significations sont supérieures au seuil de 5%. De fait, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle pour retenir l'hypothèse alternative. En d'autres termes, l'hypothèse de normalité des distributions des scores est vraisemblable pour l'ensemble des groupes d'enfants, et ce, quelle que soit l'échelle globale de la batterie K-ABC considérée.

Le tableau 4.6 fournit les résultats des tests de Levene effectués afin de déterminer si, pour chacune des échelles globales du K-ABC, les variances des scores sont égales dans les différents groupes d'enfants.

Tableau 4.6 : Tests d'homogénéité des variances des scores aux échelles globales du K-ABC dans les différents groupes d'enfants

	Statistique F de Levene	ddl1	ddl2	**Signification**
Séquentiel	,190	3	239	**,903**
Simultané	,647	3	245	**,586**
PMC	,805	3	239	**,492**
Connaissances	2,406	3	243	***,068***

Dans tous les cas, les significations obtenues sont supérieures au seuil de 5%. De fait, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle pour retenir l'hypothèse alternative. En d'autres termes, l'hypothèse d'égalité des variances des scores dans les différents groupes d'enfants est vraisemblable, et ce, quelle que soit l'échelle globale de la batterie K-ABC considérée.

Ainsi, les trois groupes considérés d'enfants anciens prématurés ne constituent pas des populations plus hétérogènes que celle des témoins nés à terme au regard de leurs performances aux échelles d'intelligence du K-ABC, et inversement.

Il est cependant à noter que, en ce qui concerne l'échelle des Connaissances, la signification associée à la statistique de Levene tend vers la significativité. Cela signifie que la dispersion des scores à cette échelle varie quelque peu en fonction du statut à la naissance, *i.e.*, du degré de sévérité de la prématurité[101].

Au regard des résultats des tests qui viennent d'être effectués, il apparaît que les conditions d'application de l'analyse de la variance sont remplies. Nous en présentons maintenant les résultats (tableau 4.7).

[101] Comme cela apparaît dans le tableau 4.4, l'écart-type (ET) est ainsi plus élevé chez les témoins nés à terme (ET = 16,92) et chez les enfants nés grands prématurés (ET = 16,30) que chez les enfants nés prématurés légers (ET = 13,28) ou très grands prématurés (ET = 12,62).

Tableau 4.7 : Analyse de la variance

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Séquentiel	Inter-groupes	3863,081	3	1287,694	**6,169**	**,000**
	Intra-groupes	49887,585	239	208,735		
	Total	53750,667	242			
Simultané	Inter-groupes	11396,679	3	3798,893	**12,794**	**,000**
	Intra-groupes	72747,040	245	296,927		
	Total	84143,719	248			
PMC	Inter-groupes	9185,287	3	3061,762	**12,607**	**,000**
	Intra-groupes	58043,067	239	242,858		
	Total	67228,354	242			
Connaissances	Inter-groupes	5549,251	3	1849,750	**7,739**	**,000**
	Intra-groupes	58083,526	243	239,027		
	Total	63632,777	246			

Le tableau 4.7 donne les résultats de l'analyse de la variance effectuée afin d'éprouver l'hypothèse nulle de l'égalité des moyennes obtenues par les différents groupes d'enfants aux échelles globales du K-ABC.

Quelle que soit l'échelle de la batterie considérée, les significations associées au F sont inférieures au seuil de 1%. De fait, il convient de rejeter l'hypothèse nulle pour retenir l'hypothèse alternative selon laquelle, pour chacune des échelles du K-ABC, les moyennes diffèrent dans deux groupes au moins. En d'autres termes, l'analyse de la variance fait apparaître un effet hautement significatif ($p < 0,001$) du statut à la naissance sur les performances à l'ensemble des échelles globales du K-ABC.

Les résultats sont à présent détaillés par le biais de comparaisons *a posteriori*. La procédure de Bonferroni est utilisée (tableau 4.8).

Pour chacune des échelles du K-ABC considérées et pour ne pas surcharger la présentation des résultats, les 3 lignes correspondant aux comparaisons entre le groupe des enfants nés très grands prématurés et les groupes des enfants nés à terme, prématurés légers et grands prématurés ont été enlevées, parce que redondantes

Tableau 4.8 : Comparaisons multiples *a posteriori*

VARIABLE DEPENDANTE	(I) STATUT	(J) STATUT	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification
		Prématurés légers	6,50	3,26	,283
	A terme	Grands prématurés	11,66	2,80	**,000**
		Très grands prématurés	9,31	3,49	**,048**
		A terme	-6,50	3,26	,283
Séquentiel	Prématurés légers	Grands prématurés	5,16	2,48	,231
		Très grands prématurés	2,81	3,23	1,000
		A terme	-11,66	2,80	**,000**
	Grands prématurés	Prématurés légers	-5,16	2,48	,231
		Très grands prématurés	-2,35	2,77	1,000
		Prématurés légers	11,63	3,88	**,018**
	A terme	Grands prématurés	15,25	3,34	**,000**
		Très grands prématurés	22,43	4,15	**,000**
		A terme	-11,63	3,88	**,018**
Simultané	Prématurés légers	Grands prématurés	3,62	2,95	1,000
		Très grands prématurés	10,80	3,85	**,033**
		A terme	-15,25	3,34	**,000**
	Grands prématurés	Prématurés légers	-3,62	2,95	1,000
		Très grands prématurés	7,18	3,30	,184
		Prématurés légers	11,52	3,52	**,007**
	A terme	Grands prématurés	16,53	3,02	**,000**
		Très grands prématurés	20,08	3,76	**,000**
		A terme	-11,52	3,52	**,007**
PMC	Prématurés légers	Grands prématurés	5,01	2,68	,374
		Très grands prématurés	8,56	3,49	*,089*
		A terme	-16,53	3,02	**,000**
	Grands prématurés	Prématurés légers	-5,01	2,68	,374
		Très grands prématurés	3,55	2,99	1,000
Connaissances		Prématurés légers	7,56	3,46	,178
	A terme	Grands prématurés	9,54	2,97	**,009**
		Très grands prématurés	15,85	3,70	**,000**
	Prématurés légers	A terme	-7,56	3,46	,178
		Grands prématurés	1,98	2,63	1,000

	Très grands prématurés	8,29	3,43	*,098*
	A terme	-9,54	2,97	**,009**
Grands prématurés	Prématurés légers	-1,98	2,63	1,000
	Très grands prématurés	6,32	2,94	,195

Nous rappelons brièvement les différences inter-groupes significatives, telles qu'elles apparaissent dans le tableau 4.8.

A l'échelle Séquentielle : les enfants nés à terme obtiennent des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands prématurés et que ceux nés très grands prématurés. Les trois groupes d'enfants anciens prématurés ne se différencient pas entre eux.

Ces résultats tendent à confirmer la présence de difficultés attentionnelles – ou d'un empan attentionnel plus faible[102] - chez un certain nombre d'enfants anciens prématurés (Hille & al., 2001 ; Wolke, 1998). Toutefois, ils ne vont pas dans le sens des conclusions rapportées par plusieurs auteurs qui font état de troubles de l'attention chez les prématurés légers à l'âge scolaire (Huddy & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 2001). Parmi les enfants rencontrés dans le cadre de l'étude Epipage en effet, ceux nés prématurés légers ne se différencient pas des témoins au regard de leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate. De la même manière, Bloch Petersen et al. (1990) font état de ressources attentionnelles plus pauvres à l'âge de 4 ans ½ chez des enfants nés avec un poids très faible comparés à des témoins nés à terme, mais pas chez ceux nés avec un faible poids. Considérées globalement, ces données pourraient suggérer que l'effet éventuel de la prématurité « légère » sur les capacités attentionnelles ne se ferait guère sentir avant l'âge scolaire, au moment où l'enfant fait face à des exigences accrues. Cette hypothèse demande à être éprouvée.

Les résultats ici présentés n'appuient pas non plus la proposition selon laquelle les difficultés d'attention sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère (voir notamment Hack & al., 1994 ; Klebanov & al., 1994). En effet, les comparaisons réalisées *a posteriori* n'ont pas permis de distinguer les trois groupes d'enfants anciens prématurés en ce qui concerne leurs notes globales en Séquentiel.

A l'échelle Simultanée : les enfants nés à terme ont des scores significativement supérieurs à ceux des enfants nés prématurés, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité (prématurés légers, grands prématurés et très grands prématurés). Par ailleurs, les enfants nés prématurés légers ont des scores significativement supérieurs à ceux des enfants nés très grands prématurés.

Ces résultats confirment l'existence, chez les enfants nés prématurément, de difficultés dans le domaine visuo-spatial et dans les épreuves évaluant les capacités visuo-motrices (voir notamment Cooke & Foulder-Hughes, 2003 ; Foreman & al., 1997 ; Jongmans & al., 1996 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995, 1999 ; Taylor & al., 2000). Ces difficultés peuvent en partie s'expliquer par des troubles oculomoteurs (Mazeau, 1997 ; Mellier & al., 1999 ; Szatmari &

[102] En effet, l'empan attentionnel correspond au nombre d'informations qu'un individu est capable de capter, de maintenir et de traiter simultanément en mémoire de travail durant un court laps de temps. De fait, l'empan mnésique et l'empan attentionnel sont intimement liés (Leclercq & Zimmermann, 2000).

al., 1993 ; Whitaker & al., 1997) d'une part, par des dysfonctionnements cérébraux affectant le traitement des informations visuelles (Keith & Kitchen, 1983 ; McGinnity & Bryars, 1992, cités par Jongmans & al., 1996) d'autre part. Les résultats ici présentés appuient aussi les conclusions de plusieurs auteurs qui font état de plus faibles performances chez les enfants nés avant terme dans les épreuves qui impliquent l'intégration de stimuli pour former un ensemble signifiant (Francis-Williams & Davies, 1974 ; Saigal & al., 1991 ; Wolke, 1998).

Ces déficits ont été relevés chez des enfants nés grands ou très grands prématurés, et chez ceux nés avec un poids très faible ou extrêmement faible. Ils ont aussi été observés chez des enfants nés avec un faible poids, à l'âge de 4 ans ½ (Bloch Petersen & al., 1990). Nos résultats sont en accord avec ceux des derniers auteurs cités, cependant que nous ne nous attendions pas à ce que les enfants nés prématurés légers se différencient des témoins nés à terme au regard de leurs performances à l'échelle Simultanée du K-ABC. En revanche, l'hypothèse émise selon laquelle les difficultés manifestées devraient être particulièrement importantes chez les enfants nés aux termes les plus extrêmes se trouve confirmée.

A l'échelle des Processus Mentaux Composites : les enfants nés à terme ont des scores significativement plus élevés que ceux des enfants nés prématurés, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. La différence entre le score moyen des enfants nés prématurés légers et celui des enfants anciens très grands prématurés tend vers la significativité.

L'échelle des Processus Mentaux Composites de la batterie K-ABC combine les échelles Séquentielle et Simultanée. Par là, elle permet une estimation du niveau global d'efficience cognitive des enfants évalués.

Les enfants anciens prématurés d'âge préscolaire rencontrés dans le cadre de l'étude Epipage ont des scores inférieurs aux témoins à cette échelle. Ces résultats sont en accord avec ceux de nombreuses études qui font état de plus faibles performances chez les anciens prématurés aux batteries d'intelligence les plus couramment employées, y compris chez les enfants nés prématurés légers ou avec un faible poids (Bloch Petersen & al, 1990 ; Lagerström & al., 1994).

Comme dans d'autres études (Abel Smith & Knight-Jones, 1990 ; McDonald & al., 1989 ; Sansavini & al., 1996 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1995 ; Zuazo & al., 1999), cet écart significatif entre les performances des témoins et celles des enfants anciens prématurés s'observe avant l'entrée à l'école primaire. Toutefois, il n'est pas toujours relevé au cours des premières années de vie (Halsey & al., 1993 ; Klein & al., 1985 ; voir aussi Kalmar, 1996).

Le tableau 4.4 fait apparaître une différence de 10 points entre le score moyen des témoins nés à terme à l'échelle des PMC et celui des enfants nés prématurés légers, de 20 points entre les témoins et les anciens très grands prématurés. Ces différences sont semblables à celles généralement observées, de l'ordre de 0,5 (Aylward & al., 1989) à 1 écart-type (Blackman & al., 1997 ; Hunt & al., 1982 ; Stjernqvist & Svenningsen, 1999).

Toujours pour ce qui va dans le sens des données de la littérature, les résultats des enfants rencontrés pour Epipage sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère (Breslau, 1995 ; Horwood & al., 1998 ; voir aussi Lagercrantz, 1997). Pour autant, les performances des enfants nés avant terme s'inscrivent dans la normale, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité (voir aussi McDonald & al., 1989 ; Sansavini & al., 1996 ; Zuazo & al., 1999).

A l'échelle des Connaissances : les enfants nés à terme obtiennent des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands prématurés ou très grands prématurés. Ces derniers réalisent également des performances plus faibles que celles des enfants nés prématurés légers ; la différence entre les deux groupes tend vers la significativité.

Les plus faibles scores obtenus par les enfants nés grands ou très grands prématurés en Connaissances pourraient être le fait, en partie au moins, d'une moindre efficacité des processus mentaux séquentiels et simultanés impliqués dans les apprentissages. Toutefois, les performances des enfants à cette échelle sont essentiellement corrélées aux facteurs socio-environnementaux (Weisglas-Kuperus & al., 1993). Elles sont ainsi liées au niveau socio-économique de la famille et au niveau d'études des parents, en particulier à celui de la mère (Achenbach & al., 1990) ; elles dépendent également des intérêts culturels de l'enfant et de sa famille, des stimulations offertes à l'enfant et d'autres variables plus proximales (Kaufman & Kaufman, 1993b). Par là et en dépit du fait que nous ayons « contrôlé » l'influence du niveau d'études de la mère – en effet, les quatre groupes d'enfants considérés se répartissent de façon identique sur les différentes modalités de cette variable -, l'interprétation des résultats des enfants nés à terme *vs* prématurés à l'échelle des Connaissances du K-ABC nous semble relativement hasardeuse.

Chez les enfants rencontrés dans le cadre de l'étude nationale Epipage, le statut à la naissance (i.e., le fait qu'un enfant soit né à terme, prématuré léger, grand prématuré vs très grand prématuré) a un effet significatif sur les performances à l'ensemble des échelles globales du K-ABC. A toutes ces échelles, les témoins nés à terme obtiennent de meilleurs scores que les enfants anciens prématurés. De façon globale également et même si les différences inter-groupes ne sont pas toujours significatives, les notes obtenues par les enfants nés avant terme aux échelles de la batterie sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère.

Néanmoins, d'autres variables influent sur le développement des enfants nés prématurément. C'est à quelques-unes de ces variables que nous allons maintenant nous intéresser.

3.2.3. Analyses multivariées : principales variables influençant les scores aux échelles globales du K-ABC

Nous nous intéressons à la liaison entre chacune des notes globales au K-ABC et un certain nombre de variables habituellement considérées comme influençant le développement des enfants nés avant terme. Outre le statut à la naissance, nous faisons de choix de considérer ici les variables décrites dans le tableau 4.2.

Différentes analyses de régression linéaire multiple sont effectuées, avec chacune des notes globales au K-ABC comme variables dépendantes, et le statut à la naissance, le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère comme variables indépendantes, aussi appelées variables explicatives.

Concernant la première analyse de régression multiple réalisée :

-les variables indépendantes sont : les variables Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère ;

-la variable dépendante est : le score à l'échelle des Processus Mentaux Composites (PMC).

Nous commençons par calculer le coefficient de détermination multiple. Le coefficient de détermination multiple (ou coefficient d'explication multiple) R2 permet d'apprécier la contribution des variables indépendantes dans l'explication des fluctuations dans la variable dépendante. Il s'exprime comme le rapport de la variation expliquée par la droite de régression sur la variation totale. Multipliée par 100, la valeur du R2 donne le pourcentage de la variation totale dans la variable dépendante qui est expliquée par la droite de régression.

Tableau 4.9 : Coefficient de détermination multiple R2

R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
,485	**,235**	,218	14,68

Sur la base des résultats fournis par le tableau 4.9, il apparaît que 23,5% - ou 21,8% si l'on considère le R2 ajusté[103] - de la variation totale dans la variable dépendante PMC est expliquée par la droite de régression.

Nous testons ensuite l'hypothèse Ho selon laquelle la régression est non significative dans son ensemble, c'est-à-dire qu'aucune des variables indépendantes n'apporte de contribution significative dans l'explication des fluctuations dans la variable dépendante (tableau 4.10).

La variation totale (ou somme des carrés totale) s'exprime comme la somme de la variation expliquée par la droite de régression (somme des carrés due à la régression) et de la variation inexpliquée, attribuable aux résidus (somme des carrés résiduelle).

Tableau 4.10 : Test de l'hypothèse nulle selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
Régression	14613,943	5	2922,789	13,565	**,000**
Résidu	47617,228	221	215,463		
Total	62231,172	226			

[103] Le R2 ajusté tient compte du nombre de variables indépendantes – ou explicatives - dans la régression. Il doit être pris en compte lorsqu'il y a un grand nombre de variables indépendantes dans la régression.

Le tableau 4.10 donne une valeur de F = 13,56 (p < 0,001). On peut donc rejeter l'hypothèse nulle et affirmer que la régression comportant les variables Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère est significative dans son ensemble.

Nous souhaitons maintenant préciser si toutes les variables indépendantes considérées, ou à l'inverse si certaines d'entre elles seulement, apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations de la variable dépendante. En d'autres termes, nous voulons tester la contribution de chacune des variables explicatives (tableau 4.11).

Tableau 4.11 : Tests des contributions marginales des variables explicatives

	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	T	Signification
Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
(constante)	115,848	5,203		22,264	,000
STATUT	-6,185	1,087	-,337	-5,691	**,000**
SEXE	-5,042	1,972	-,152	-2,557	**,011**
HYPOTROPHIE	-3,401	2,614	-,077	-1,301	,195
GROSSESSE MULTIPLE	-4,426	2,282	-,115	-1,939	*,054*
NIVEAU D'ETUDES MERE	5,278	1,095	,286	4,821	**,000**

Les résultats fournis par le tableau 4.11 montrent que, outre le statut à la naissance, seuls le sexe de l'enfant et le niveau d'études de la mère apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC. La contribution marginale de la variable Grossesse Multiple tend vers la significativité. A l'inverse, la contribution marginale de la variable Hypotrophie, *i.e.* du caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, n'est pas significative.

Le modèle de régression le plus pertinent en ce qui concerne les scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites est donc celui comprenant les variables Statut, Sexe et Niveau d'Etudes de la Mère.

D'autres analyses de régression multiple ont été effectuées avec les mêmes variables indépendantes et, comme variables dépendantes : la note globale à l'échelle Séquentielle, la note globale à l'échelle Simultanée et la note globale en Connaissances, successivement.

Les résultats de ces analyses ne sont pas détaillés ici ; ils sont présentés en annexe (Annexes IV.2).

Pour chacune des variables dépendantes considérées, la régression est significative dans son ensemble.

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Séquentiel sont les variables Statut, Sexe et Niveau d'Etudes de la Mère.

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Simultané sont les variables Statut et Niveau d'Etudes de la Mère. La contribution marginale de la variable Sexe tend vers la significativité.

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Connaissances sont les variables Statut, Niveau d'Etudes de la Mère et Grossesse Multiple.

Pour ce à quoi nous nous attendions – d'autant plus au regard des résultats des analyses univariées -, le statut à la naissance apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores à l'ensemble des échelles globales du K-ABC. C'est aussi le cas du niveau d'études de la mère. Ces résultats confirment les données de la littérature (McCormick & al., 1990 ; Robertson & al., 1990). Ils rendent nécessaire la prise en compte de cette dernière variable dans les études portant sur le fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés, et plus généralement de populations infantiles.

La variable Sexe contribue de façon significative à l'explication des variations observées au niveau des scores aux échelles Séquentielle et Simultanée, ainsi qu'à l'échelle des Processus Mentaux Composites. Là encore, ces résultats semblent aller dans le sens des conclusions des recherches relatives au devenir des enfants nés prématurément. Il reste à déterminer si, comme ce qui ressort de la littérature sur le sujet, les filles obtiennent globalement de meilleurs résultats que les garçons lors de l'évaluation de l'efficience cognitive. Plusieurs auteurs ont en effet montré que, chez les enfants anciens prématurés, les garçons ont des performances cognitives souvent inférieures à celles des filles (Huddy & al., 2001 ; Korkman & al., 1996 ; Yliherva & al., 2001). Néanmoins, toutes les études n'ont pas abouti aux mêmes conclusions (Hutton & al., 1997 ; Saigal & al., 1991 ; Taylor & al., 2000).

Nous nous sommes intéressés à cette question de l'influence du sexe sur les performances cognitives des différents groupes d'enfants considérés pour l'étude Epipage, par le biais du test t de comparaison de moyennes. Chez les enfants témoins nés à terme, le sexe a un effet significatif sur les scores moyens à trois des quatre échelles globales du K-ABC. C'est ainsi le cas à l'échelle Séquentielle ($t = 2,54$; $p = ,016$), à l'échelle Simultanée ($t = 3,28$; $p = ,002$) et à l'échelle des Processus Mentaux Composites ($t = 4,16$; $p < ,001$). Dans tous les cas, les notes moyennes des filles sont supérieures à celles des garçons. A l'inverse, le sexe n'influe pas de façon significative sur les performances des témoins en Connaissances ($t = 1,07$; $p = ,294$). Chez les enfants nés prématurément en revanche, et quel que soit le groupe considéré (enfants nés prématurés légers, grands prématurés ou très grands prématurés), aucune différence significative « inter-sexe » n'est mise en évidence. Ces résultats ne confirment donc pas ceux de plusieurs auteurs qui ont fait état, chez des enfants anciens prématurés, de performances cognitives globales plus faibles chez les garçons que chez les filles (voir notamment Huddy & al., 2001). Ils vont davantage dans le sens des conclusions formulées par Hutton et al. (2001), entre autres.

Si le sexe de l'enfant contribue significativement à l'explication des variations dans les scores aux échelles des Processus Mentaux de la batterie K-ABC (échelles Séquentielle, Simultanée et des Processus Mentaux Composites) de par son influence forte sur les performances des témoins à ces trois échelles, en revanche, l'apport de cette variable n'est pas significatif en ce qui concerne l'explication des fluctuations des scores en Connaissances.

Cela pourrait tenir à la plus grande influence des variables socio-environnementales à ce niveau, comparée à l'impact des facteurs bio-médicaux relatifs à l'enfant (Achenbach & al., 1990 ; Weisglas-Kuperus & al., 1993).

Le caractère unique *vs* multiple de la grossesse apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores à l'échelle des Connaissances du K-ABC.

Nous avons cherché à déterminer si cette variable influe sur les performances des différents groupes d'enfants aux trois autres échelles globales de la batterie K-ABC ici considérées (échelles Séquentielle, Simultanée et des Processus Mentaux Composites). Cela n'a toutefois pas été possible en ce qui concerne le groupe des enfants témoins nés à terme, en tant que ceux-ci étaient tous issus de grossesse unique. Dans le groupe des enfants nés prématurés légers et dans celui des enfants nés très grands prématurés, le caractère unique *vs* multiple de la grossesse n'influence pas de façon significative les scores des enfants au K-ABC. Dans le groupe des enfants anciens grands prématurés en revanche, cette variable a un effet significatif sur les notes moyennes à l'échelle des Processus Mentaux Composites ($t = 2,30$; $p = ,023$) et à celle des Connaissances ($t = 2,43$; $p = ,016$). Cet effet tend vers la significativité concernant les performances des enfants aux échelles Séquentielle ($t = 1,86$; $p = ,066$) et Simultanée ($t = 1,77$; $p = ,079$). Pour ces quatre échelles, les scores moyens des enfants nés grands prématurés issus de grossesse unique sont supérieurs à ceux des enfants du même groupe issus de grossesse multiple.

A notre connaissance, peu d'études ont porté sur le fonctionnement cognitif d'enfants anciens prématurés selon qu'ils étaient issus de grossesse unique ou multiple. Kok et al. (1998) ont toutefois montré que le caractère unique ou gémellaire de la grossesse n'influe pas de façon significative sur la probabilité pour un enfant de présenter un trouble mineur du développement. Nos résultats ne s'opposent pas à ceux des auteurs cités. Parmi les enfants rencontrés pour Epipage en effet, l'influence de cette variable ne concerne que les enfants nés grands prématurés, mais non ceux nés prématurés légers ou très grands prématurés.

Enfin et contrairement à ce que nous attendions, le caractère hypotrophe *vs* normotrophe à la naissance n'apporte de contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores à aucune des échelles globales du K-ABC. Ce dernier résultat va à l'encontre des conclusions de nombreuses études. En effet, l'hypotrophie à la naissance est habituellement considérée comme un facteur de risque de troubles du développement à plus ou moins long terme (Kanazawa & al., 1997), « amplifiant » les effets d'une naissance prématurée (McCormick & al., 1990 ; Sansavini & al., 1996). Comparés aux enfants nés avec un poids normal compte tenu de la durée de la grossesse, les enfants nés hypotrophes seraient plus nombreux à souffrir de maladresse motrice (Kok & al., 1998), d'un syndrome hyperkinétique (Korkman & al., 1996 ; Robertson & al., 1990), ou de troubles de l'attention (Robson & Cline, 1998). Ces enfants feraient preuve également de plus faibles habiletés langagières (Hughes & al., 1999 ; Yliherva & al., 2001) et obtiendraient des scores plus faibles aux échelles des batteries d'intelligence (Hutton & al., 1997 ; Kalmar, 1996). L'hypoxie et/ou la déficience nutritionnelle au cours de la vie fœtale souvent associées au retard de croissance intra-utérin pourraient rendre compte de certaines des difficultés cognitives rencontrées par les enfants nés hypotrophes (Korkman & al., 1996). Cependant, plusieurs auteurs n'ont pas fait état de différence significative au niveau des performances à des épreuves d'intelligence chez des enfants anciens prématurés selon qu'ils étaient nés ou non hypotrophes, et ce, à l'âge préscolaire et scolaire (Kitchen & al., 1986 ; Robertson & al., 1990). Selon Robson et Cline (1998), les enfants nés hypotrophes présenteraient des problèmes spécifiques d'attention, plutôt que des déficits cognitifs globaux.

Le fait que la variable Hypotrophie n'apporte pas de contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores des enfants rencontrés pour Epipage à l'échelle Séquentielle du K-ABC, dont les épreuves sont particulièrement sensibles aux difficultés d'attention, n'irait pas dans le sens de l'hypothèse émise par Robson et Cline.

Nous nous sommes alors intéressés à l'effet du caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance sur les performances globales au K-ABC des différents groupes d'enfants établis d'après leur statut. Néanmoins, il ne nous a pas été possible de comparer les scores moyens du groupe des enfants témoins nés à terme et du groupe des enfants nés très grands prématurés selon qu'ils étaient nés eutrophiques ou hypotrophes. En effet, aucun témoin n'était hypotrophe à la naissance, et seul un enfant ancien très grand prématuré était dans ce cas. Chez les enfants nés prématurés légers ou grands prématurés, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance n'a d'effet significatif sur les scores à aucune des échelles globales du K-ABC. Il n'influence donc pas les performances des enfants à l'échelle Séquentielle de la batterie. Si ces résultats restent à confirmer, ils n'appuient pas les conclusions de Robson et Cline.

Chez les enfants évalués à 5 ans dans le cadre de l'étude nationale Epipage, les variables dont l'influence sur les performances au K-ABC est la plus importante sont, outre le degré de sévérité de la prématurité, le niveau d'études de la mère et le sexe. Chez ces mêmes enfants à l'inverse, le fait d'être né ou non hypotrophe ne semble pas avoir d'effet sur les notes obtenues aux échelles globales de la batterie d'intelligence.

3.3. Performances des enfants aux subtests du K-ABC

Nous souhaitons maintenant préciser les résultats qui viennent d'être rapportés en nous intéressant à l'effet du statut à la naissance sur les performances des enfants aux différents subtests de la batterie K-ABC.

Comme celles qui concernaient les performances des enfants aux échelles globales du K-ABC, les analyses qui suivent – et qui se rapportent aux scores des enfants aux subtests de la batterie - sont réalisées sur la base des données relatives à ceux des 251 enfants considérés pour cette étude qui ont passé l'ensemble des épreuves du K-ABC, soit 241 enfants.

3.3.1. Analyses descriptives

Les tableaux 4.12.a et 4.12.b donnent les scores (moyenne ± écart-type) des différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance aux subtests des Processus Mentaux du K-ABC (tableau 4.12.a) et à ceux de Connaissances (tableau 4.12.b) prévus pour leur âge.

Tableau 4.12.a : Scores (moyenne ± écart-type) des enfants aux subtests des Processus Mentaux du K-ABC, en fonction du statut à la naissance

	Nés à terme (≥ 37 SA)	Prématurés légers (33-36 SA)	Grands prématurés (28-32 SA)	Très grands prématurés (< 28 SA)
N	35	47	124	35
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Mouvements de Main	10,17 ± 2,58	8,83 ± 2,56	8,40 ± 3,04	8,51 ± 2,94
Reconnaissance de Formes	10,17 ± 2,99	9,70 ± 2,49	9,18 ± 2,64	8,40 ± 2,70
Mémoire des Chiffres	11,29 ± 2,75	10,60 ± 3,90	9,67 ± 2,67	10,54 ± 2,85
Triangles	12,40 ± 3,70	11,11 ± 2,98	9,72 ± 3,35	8,03 ± 2,79
Suites de Mots	11,77 ± 3,96	10,34 ± 3,25	9,43 ± 3,37	9,49 ± 3,14
Matrices Analogiques	15,57 ± 3,74	13,30 ± 5,01	13,31 ± 4,65	13,80 ± 4,44
Mémoire Spatiale	11,80 ± 3,28	9,09 ± 3,20	9,31 ± 3,08	7,29 ± 3,03

Tableau 4.12.b : Scores (moyenne ± écart-type) des enfants aux subtests de Connaissances du K-ABC, en fonction du statut à la naissance

	Nés à terme (≥ 37 SA)	Prématurés légers (33-36 SA)	Grands prématurés (28-32 SA)	Très grands prématurés (< 28 SA)
N	35	47	124	35
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Personnages et Lieux Connus	103,26 ± 15,36	99,83 ± 14,75	96,98 ± 15,04	90,86 ± 14,83
Arithmétique	110,77 ± 15,97	100,66 ± 16,47	98,90 ± 15,68	91,51 ± 15,40
Devinettes	105,49 ± 17,63	93,11 ± 17,42	94,26 ± 20,13	92,43 ± 14,82
Lecture et Déchiffrement	108,34 ± 17,67	107,43 ± 15,34	105,37 ± 15,72	100,26 ± 9,43

Les données fournies par les tableaux 4.12.a et 4.12.b montrent qu'à de rares exceptions près, les enfants témoins nés à terme réalisent de meilleures performances comparés aux enfants nés prématurément. Concernant ces derniers et pour la majorité des subtests du K-ABC, les scores sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère.

Les analyses univariées et les comparaisons réalisées *a posteriori* vont à présent permettre de faire ressortir les effets de la variable « statut » et les différences inter-groupes significatifs.

3.3.2. Analyses univariées

Pour chaque variable dépendante considérée – *i.e.,* pour chaque subtest du K-ABC -, nous avons effectué un test de normalité pour chacun des quatre groupes d'enfants (test de Kolmogorov-Smirnov ou test de Shapiro-Wilk en fonction de l'effectif) et un test d'égalité des variances (test de Levene). Par là, il s'agissait de déterminer si une analyse de la variance pouvait être employée pour tester l'hypothèse de l'égalité des moyennes dans les différents groupes d'enfants. Les résultats sont fournis en annexe (Annexes IV.3).

Pour ce qui concerne tout d'abord les tests de normalité, dans plusieurs cas, les significations sont inférieures au seuil de 5% ; il convient alors de rejeter l'hypothèse nulle de normalité des distributions pour accepter l'hypothèse alternative. Cela signifie que pour un certain nombre de subtests du K-ABC, les distributions des scores dans un ou plusieurs des groupes d'enfants considérés ne sont pas régies par une loi normale[104].

Pour ce qui concerne ensuite les tests d'égalité des variances, les significations associées à la statistique de Levene sont inférieures à 0,05 pour les deux subtests Mémoire des Chiffres ($p = 0,004$) et Lecture et Déchiffrement ($p < 0,001$) ; la signification est inférieure à 0,10 pour le subtest Devinettes ($p = 0,067$). Cela signifie que pour les deux premières épreuves évoquées, et dans une moindre mesure pour la troisième, les dispersions des scores ne sont pas équivalentes dans les différents groupes d'enfants.

Au regard de ces résultats et bien que, d'une part, l'analyse de la variance n'est pas trop sensible à certains écarts à la normalité, et d'autre part, les variances des différents groupes d'enfants sont vraisemblablement égales pour ce qui concerne la majorité des subtests du K-ABC, nous faisons le choix d'utiliser des techniques non-paramétriques.

Pour chacun des subtests du K-ABC, nous présentons les scores (médiane en gras et premier et troisième quartiles) des différents groupes d'enfants, ainsi que leur comparaison par le H de Kruskal-Wallis (tableau 4.13).

---

[104] Chez les enfants nés à terme, les scores ne se distribuent pas normalement concernant les subtests Matrices Analogiques, Personnages et Lieux Connus et Lecture et Déchiffrement ; c'est aussi le cas, dans une moindre mesure, à Mouvements de Main. Chez les enfants nés prématurés légers, cela est le cas en ce qui concerne les subtests Reconnaissance de Formes, Matrices Analogiques, Mémoire Spatiale et Lecture et Déchiffrement ; c'est aussi le cas, dans une moindre mesure, à Personnages et Lieux Connus. Chez les enfants nés grands prématurés, cela est le cas à l'ensemble des subtests du K-ABC sauf à Arithmétique. Chez les enfants nés très grands prématurés enfin, cela est le cas à Mémoire des Chiffres, Triangles, Suites de Mots, Matrices Analogiques et Lecture et Déchiffrement ; c'est aussi le cas, dans une moindre mesure, à Mémoire Spatiale.

Tableau 4.13 : Performances (médiane ; premier et troisième quartiles) des enfants aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis

	A terme	Prématurés légers	Grands prématurés	Très grands prématurés	H de Kruskal-Wallis
	Médiane Q1-Q3	Médiane Q1-Q3	Médiane Q1-Q3	Médiane Q1-Q3	
Mouvements de Main	**9,50** 8-12	**9** 7-11	**8** 7-11	**8,50** 6,25-11	9,22 **p = 0,027**
Reconnaissance de Formes	**10,50** 9-12	**10** 8-11	**9** 7-11	**8,50** 6,25-10	10,47 **p = 0,015**
Mémoire des Chiffres	**10** 11-13	**10** 7-13	**10** 8-12	**11** 10-12	9,87 **p = 0,020**
Triangles	**12,50** 10-14,75	**11** 9-13	**10** 7-11,50	**7,50** 6-10	30,20 **p < 0,001**
Suites de Mots	**12** 8-16	**9** 8-13	**9** 6-12	**9** 6,50-11	11,51 **p = 0,009**
Matrices Analogiques	**17** 12-19	**14** 12-17	**14** 9-17	**14** 11,25-18,50	9,34 **p = 0,025**
Mémoire Spatiale	**12** 9,25-14,50	**10** 8-11	**10** 8-11	**8** 4,50-9	33,75 **p < 0,001**
Personn. et Lieux Connus	**106** 92,25-116	**101** 92,50-111	**99** 86-106	**91** 81-101	**16,85** p = 0,001
Arithmétique	**112** 99-122,75	**98** 90-109	**98** 86-111,75	**86** 80-103	**24,53** p < 0,001
Devinettes	**108** 92-120	**93,50** 77,50-104,50	**95** 77-108	**91** 82-99	**13,50** p = 0,004
Lecture et Déchiffrement	**101** 93-124,50	**103** 93-117,25	**97** 93-114	**97** 93-101,75	**4,55** p = 0,208

Le test de Kruskal-Wallis fait apparaître un effet significatif du statut à la naissance sur les scores médians à l'ensemble des subtests du K-ABC, sauf à Lecture et Déchiffrement (H = 4,55 ; p = 0,208). En d'autres termes et hormis à ce dernier subtest, les quatre groupes d'enfants ne sont pas équivalents en ce qui concerne leurs performances dans les épreuves qui leur ont été proposées.

Les tableaux 4.14.a et 4.14.b permettent de préciser ces résultats, par la localisation, grâce au U de Mann-Whitney, des différences au sein des six combinaisons possibles de groupes pris deux à deux.

Tableau 4.14.a : Performances aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands Prématurés		Terme / Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Mouvements de Main	634	**p = 0,025**	1574,5	**p = 0,004**	438	**p = 0,017**
Reconnaissance de Formes	768	p = 0,305	1737	**p = 0,020**	401,5	**p = 0,005**
Mémoire des Chiffres	747,5	p = 0,362	1570,5	**p = 0,003**	564,5	p = 0,341
Triangles	681,5	*p = 0,073*	1409	**p < 0,001**	227	**p < 0,001**
Suites de Mots	668	*p = 0,084*	1479	**p = 0,002**	417	**p = 0,014**
Matrices Analogiques	621,5	**p = 0,018**	1559	**p = 0,002**	476,5	**p = 0,048**
Mémoire Spatiale	479	**p < 0,001**	1293	**p < 0,001**	189	**p < 0,001**
Personn. et Lieux Connus	713,5	p = 0,132	1682,5	**p = 0,011**	324	**p < 0,001**
Arithmétique	530	**p = 0,002**	1342	**p < 0,001**	248,5	**p < 0,001**
Devinettes	516	**p = 0,002**	1519,5	**p = 0,002**	344	**p = 0,001**
Lecture et déchiffrement	837,5	p = 0,808	2000,5	p = 0,213	485,5	*p = 0,060*

Tableau 4.14.b : Performances aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Prématurés Légers / Grands Prématurés		Prématurés Légers / Très Grands Prématurés		Grands Prématurés / Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Mouvements de Main	2994	p = 0,639	831,5	p = 0,649	2294	p = 0,968
Reconnaissance de Formes	2733	p = 0,160	637,5	**p = 0,028**	1980,5	p = 0,175
Mémoire des Chiffres	2613,5	p = 0,181	828,5	p = 0,871	1829,5	*p = 0,057*
Triangles	2477,5	**p = 0,025**	431	**p < 0,001**	1653,5	**p = 0,008**
Suites de Mots	2683,5	p = 0,118	754	p = 0,251	2268	p = 0,830
Matrices Analogiques	3062,5	p = 0,747	856,5	p = 0,819	2213,5	p = 0,666
Mémoire Spatiale	3078	p = 0,911	562	**p = 0,004**	1416	**p < 0,001**
Personn. et Lieux Connus	2844	p = 0,301	557	**p = 0,004**	1675,5	**p = 0,010**
Arithmétique	3106,5	p = 0,923	641,5	**p = 0,032**	1684,5	**p = 0,014**
Devinettes	2923,5	p = 0,621	820	p = 0,853	2078	p = 0,512
Lecture et Déchiffrement	2769	p = 0,299	662,5	*p = 0,062*	2085,5	p = 0,365

Nous rappelons les différences inter-groupes significatives telles qu'elles apparaissent dans les tableaux 4.14.a et 4.14.b, pour les subtests des échelles Séquentielle et Simultanée tout d'abord, puis pour ceux de l'échelle des Connaissances.

Aux subtests de l'échelle Séquentielle : les enfants témoins nés à terme ont des scores significativement supérieurs à ceux des enfants nés prématurés, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité (prématurés légers, grands prématurés et très grands prématurés), au subtest Mouvements de Main. Les témoins obtiennent également des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands prématurés à Mémoire des chiffres, que les enfants nés grands prématurés et très grands prématurés à Suites de Mots. A cette épreuve, la différence entre les scores des témoins et ceux des enfants nés prématurés légers tend vers la significativité.

Pour l'ensemble des subtests de l'échelle Séquentielle, les trois groupes d'enfants anciens prématurés ne se différencient pas entre eux. Au subtest Mémoire des Chiffres toutefois, la différence – en défaveur des premiers - entre les scores des enfants nés grands prématurés et ceux des enfants nés très grands prématurés tend vers la significativité.

Sauf à Mouvements de Main - qui implique également l'aptitude spatiale et les capacités de coordination visuo-motrice, entre autres -, les enfants nés prématurés légers ne se différencient pas des témoins en ce qui concerne leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle[105]. Comme cela a été évoqué plus avant, les résultats ici rapportés contredisent donc les conclusions de certaines études qui ont mis en évidence des troubles de l'attention chez des enfants nés peu avant terme (Huddy & al. 2001 ; Jennische & Sedin, 2001). Ainsi et en tous cas à l'âge préscolaire, seuls les enfants nés grands ou très grands prématurés présenteraient de plus faibles capacités de mémoire immédiate - visuelle et auditive - en comparaison avec des témoins nés à terme.

Par ailleurs et sur la base des comparaisons réalisées *a posteriori*, les trois groupes d'enfants anciens prématurés ne se différencient pas entre eux au regard de leurs scores aux subtests de l'échelle Séquentielle. Chez les enfants rencontrés pour l'étude Epipage, les performances dans les épreuves de mémoire immédiate, que nous postulons liées aux capacités attentionnelles, ne varient donc pas en fonction de la sévérité de la prématurité. Ces résultats vont à l'encontre de ceux rapportés par Klebanov et al. (1994) et par Hack et al. (1994) selon lesquels les troubles de l'attention sont d'autant plus importants que l'âge gestationnel ou le poids de naissance est faible.

Aux subtests de l'échelle Simultanée : les témoins nés à terme ont des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands ou très grands prématurés aux subtests Reconnaissance de Formes et Triangles ; en revanche, les enfants nés prématurés légers ne se différencient pas des témoins à ces mêmes épreuves[106]. Les anciens prématurés légers ont des scores supérieurs à ceux des enfants nés très grands prématurés à Reconnaissance de Formes. A Triangles, les performances des enfants nés prématurément sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère : toutes les différences entre les trois groupes d'enfants anciens prématurés pris deux à deux sont significatives.

---

[105] Néanmoins, la différence entre la note moyenne des témoins nés à terme et celle obtenue par les enfants nés prématurés légers à l'épreuve Suites de Mots tend vers la significativité.

[106] Néanmoins, la différence entre les scores des témoins à Triangles et ceux des enfants nés prématurés légers tend vers la significativité.

A Mémoire Spatiale et à Matrices Analogiques, les enfants nés à terme réalisent des performances significativement supérieures à celles des enfants anciens prématurés, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. Les enfants nés très grands prématurés ont des scores inférieurs à ceux des enfants nés prématurés légers ou grands prématurés à Mémoire Spatiale. En revanche, les trois groupes d'enfants anciens prématurés ne se distinguent pas entre eux en ce qui concerne leurs performances à Matrices Analogiques.

Ainsi, les enfants nés prématurés légers ne se différencient des témoins nés à terme que sur la base de leurs performances à Mémoire Spatiale qui fait aussi appel aux capacités de mémoire immédiate, et à Matrices Analogiques qui implique les capacités de raisonnement. Il convient alors de nuancer la proposition selon laquelle les enfants nés prématurés légers présentent des déficits dans les domaines visuo-spatial et visuo-moteur (voir notamment Bloch Petersen & al., 1990).

En revanche, il semble bien que les difficultés relevées à ce niveau soient d'autant plus importantes que la prématurité est sévère, et ainsi particulièrement prégnantes dans le groupe des enfants nés très grands prématurés.

Nous détaillons à présent les résultats (*i.e.*, les différences inter-groupes significatives) pour ce qui concerne les quatre subtests de l'échelle des Connaissances qui ont été proposés aux enfants inclus dans l'étude Epipage.

Au subtest Personnages et Lieux Connus, les témoins nés à terme ont des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands ou très grands prématurés ; en revanche, ils ne se différencient pas des enfants nés prématurés légers. Les enfants nés très grands prématurés ont encore des scores inférieurs à ceux des enfants nés prématurés légers ou grands prématurés.

L'interprétation des performances des enfants nés à terme *vs* prématurément au subtest Personnages et Lieux Connus nous semble malaisée en tant que les scores des enfants à cette épreuve sont fortement sous la dépendance des intérêts culturels de l'enfant et de sa famille – et donc des origines culturelles de la famille -, des stimulations offertes à l'enfant, ou, en d'autres termes, de la « richesse » de son environnement précoce (Kaufman & Kaufman, 1993b), entre autres. Sur la base de ces éléments et bien que nous nous sommes « prémunis » contre l'influence de la variable Niveau d'Etudes de la Mère, il nous paraît difficile d'affirmer que les plus faibles scores obtenus par les enfants nés grands ou très grands prématurés à cette épreuve sont dus au caractère prématuré de la naissance en tant que tel.

A Arithmétique, les enfants témoins réalisent de meilleures performances comparés aux enfants nés avant terme, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. Les enfants nés très grands prématurés obtiennent des notes plus faibles que les enfants nés prématurés légers ou grands prématurés.

Nous avons évoqué dans le premier chapitre l'existence de problèmes d'organisation spatiale et de troubles de l'attention chez les enfants anciens prématurés. Les premiers concerneraient les enfants nés grands prématurés et davantage encore ceux nés très grands prématurés. Les seconds toucheraient ces mêmes catégories d'enfants. Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude Epipage vont d'ailleurs dans ce sens. Ces difficultés, et en particulier les problèmes visuo-spatiaux, sont susceptibles d'avoir des conséquences néfastes lors des activités de dénombrement et de calcul (Whitfield & al., 1997). Elles pourraient donc expliquer les plus faibles scores des enfants nés avant terme, et notamment ceux des anciens très grands prématurés, à Arithmétique.

A l'épreuve de Devinettes, les enfants nés à terme ont des scores significativement plus élevés comparés aux enfants nés prématurés, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. Les différents groupes d'enfants anciens prématurés ne se différencient pas entre eux.

Plusieurs auteurs font état d'un vocabulaire moins étendu chez les enfants anciens prématurés comparés aux témoins, à l'âge scolaire (Calame & al., 1985 ; Saigal & al., 1991). C'est aussi le cas, pour ce qui nous intéresse tout particulièrement ici, à l'âge préscolaire (Briscoe & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 1999). Cette plus grande « pauvreté » lexicale pourrait expliquer les difficultés des enfants nés avant terme pour fournir de l'information et pour trouver les mots appropriés (Jennische & Sedin, 1998, 2001). De fait, elle pourrait rendre compte des plus faibles performances des enfants anciens prématurés à Devinettes, subtest qui implique l'inférence de concepts verbaux à partir de l'énoncé de plusieurs caractéristiques. Les capacités d'attention étant également fortement impliquées dans la résolution des items de cette épreuve, les troubles attentionnels observés chez certains enfants anciens prématurés pourraient aussi expliquer pour partie ces résultats.

A Lecture et Déchiffrement enfin, aucune différence inter-groupe n'est significative. Les différences entre les scores des enfants nés très grands prématurés et ceux des témoins d'une part, des enfants nés prématurés légers d'autre part, tendent vers la significativité.

Le fait que le statut à la naissance n'a pas d'influence sur les performances des enfants à Lecture et Déchiffrement pourrait s'expliquer par la sensibilité insuffisante de cette épreuve en tout début d'apprentissage de la lecture, ce qui était en l'occurrence le cas des enfants rencontrés pour le bilan à 5 ans prévu dans le protocole de l'étude Epipage. A cet âge en effet, la majorité des enfants ne peut identifier que quelques lettres (une ou deux). De fait, il est plus difficile de les discriminer sur la base de leurs performances à ce niveau.

Pour terminer sur ce point, il nous faut ajouter que tous les subtests de l'échelle des Connaissances du K-ABC impliquent la mémoire à long terme. Or, des déficits mnésiques - qui seraient liés aux troubles de l'attention - ont été relevés chez des enfants anciens prématurés, et ce, dès l'âge préscolaire (Briscoe & al., 2001 ; Rieck & al., 1996). En conséquence, ils pourraient expliquer pour partie les plus faibles performances des enfants nés prématurément dans ces épreuves évaluant les connaissances et les compétences acquises.

4. Conclusion

Nous venons de présenter, dans ce quatrième chapitre, quelques-uns des principaux résultats obtenus sur la base des données issues de l'étude nationale Epipage relative au devenir à moyen terme des enfants nés prématurément. Ce faisant, notre objectif était de montrer que la batterie d'intelligence K-ABC, choisie pour l'évaluation psychologique à l'âge de 5 ans des enfants inclus dans l'étude, permet d'appréhender de façon pertinente le fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés.

L'étude Epipage (EPIdémiologie sur les Petits Ages GEstationnels), à laquelle nous avons eu l'opportunité de participer au sein du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, a été lancée en France au premier janvier 1997 par l'Unité 149 de l'INSERM du Professeur Bréart ; elle est coordonnée par le Docteur Larroque. Epipage consiste en un suivi, depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 5 ans, d'enfants nés grands prématurés en comparaison avec des enfants nés prématurés légers et des enfants nés à terme. L'enquête Epipage vise essentiellement une meilleure compréhension des causes de la prématurité et de ses conséquences pour l'enfant et pour sa famille.

L'étude Epipage est une enquête de cohorte en population, multicentrique – qui est donc prospective, longitudinale, cas-témoins -. Neuf régions françaises ont participé à cette étude, ce qui représente une zone géographique couvrant environ un tiers des naissances annuelles en France. L'étude Epipage se base sur un nombre conséquent de sujets. Elle a pris en compte toutes les issues de grossesse ayant eu lieu entre 22 et 32 SA (ou avec un poids compris entre 500 et 1499 grammes, quel que soit l'âge gestationnel) survenues dans les régions participantes. Finalement, plus de 2500 enfants nés grands prématurés (*i.e.*, nés avant 33 SA) ont été inclus dans l'étude. Ce groupe des enfants nés grands prématurés a été comparé à deux groupes témoins, l'un constitué de près de 350 enfants nés prématurés légers à 33 ou 34 SA, l'autre constitué de plus de 550 enfants nés à terme. Epipage présente ainsi un grand nombre de caractéristiques positives d'un point de vue méthodologique, garantes de la représentativité de l'échantillon et, par là, de la validité des résultats obtenus dans ce cadre.

Les enfants inclus dans l'étude Epipage ont été suivis régulièrement depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 5 ans. A cet âge, un bilan clinique complet était proposé aux familles participantes. Celui-ci comprenait notamment un examen médical de l'enfant et une évaluation psychologique. Au cours de cette évaluation, les enfants répondaient aux subtests de la batterie K-ABC ainsi qu'à deux épreuves de la WPPSI-R (Wechsler, 1995).

Le K-ABC constitue un test d'intelligence et de connaissances qui permet l'évaluation psychologique d'enfants depuis l'âge de 2 ans ½ jusqu'à l'âge de 12 ans ½. Cette batterie présente un certain nombre d'avantages, dont ses fondements théoriques solides – qui s'accordent sur l'existence de deux catégories de processus mentaux impliqués dans les apprentissages, les processus séquentiels et les processus simultanés -, et un étalonnage relativement récent effectué à partir d'un échantillon important d'enfants.

Les résultats présentés au cours de ce quatrième chapitre sont relatifs aux performances de 251 enfants nés à terme, prématurés légers, grands prématurés *vs* très grands prématurés qui ont été évalués dans plusieurs centres de la région Lorraine (pour la plupart d'entre eux, à la Maternité Régionale de Nancy) aux échelles globales et aux subtests de la batterie K-ABC.

Nous avions formulé plusieurs hypothèses en ce qui concerne les performances des enfants nés à terme et des enfants anciens prématurés au K-ABC ; certaines n'ont cependant pu être vérifiées.

Nous avions émis l'hypothèse selon laquelle les enfants anciens prématurés d'âge préscolaire, du fait de troubles de l'attention, devraient se différencier des témoins nés à terme quant à leurs performances à l'échelle Séquentielle du K-ABC qui évalue les capacités de mémoire immédiate. Sur la base de la revue de la littérature effectuée, nous nous attendions, d'une part à ce que les différents groupes d'enfants nés prématurément – y compris les enfants nés prématurés légers - obtiennent de plus faibles scores que les témoins en Séquentiel, et d'autre part à ce que ces scores soient d'autant plus bas que la prématurité est sévère. Or, chez les enfants âgés de 5 ans rencontrés pour l'étude Epipage, seuls les enfants nés grands ou très grands prématurés obtiennent des résultats inférieurs à ceux des témoins aux épreuves de mémoire immédiate. En outre, les trois groupes d'enfants nés prématurément (enfants nés prématurés légers, grands prématurés *vs* très grands prématurés) ne se distinguent pas entre eux au regard de leurs performances moyennes en Séquentiel. Ces résultats ne vont donc pas dans le sens de difficultés d'attention chez les enfants nés prématurés légers, à l'âge préscolaire. Ils n'appuient pas non plus la proposition selon laquelle les difficultés attentionnelles sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère.

Toutefois, les données présentées dans le tableau 4.4 laissent apparaître une différence de 6 points entre la note moyenne obtenue à l'échelle des Processus Séquentiels par les enfants témoins nés à terme et celle des enfants nés prématurés légers, en défaveur des derniers. L'écart entre la note moyenne des témoins et celles obtenues par les enfants nés grands prématurés et par les enfants nés très grands prématurés est d'environ 10 points. Si la première différence relevée n'est pas significative, elle n'est pas non plus négligeable, et ce, d'autant plus que les deux groupes (témoins nés à terme et prématurés légers) présentent des dispersions similaires.

Nous avons également mentionné, au cours du premier chapitre, le fait que les difficultés d'attention – comme d'ailleurs la plupart des séquelles « mineures » de la prématurité - ne sont pas toujours apparentes avant l'entrée à l'école primaire. Elles se font plus prégnantes lorsque l'enfant est soumis à des exigences accrues du point de vue du fonctionnement cognitif et d'autres aspects comportementaux.

De fait, nous pensons que les différences relatives aux capacités de mémoire immédiate entre les enfants anciens prématurés, y compris ceux nés prématurés légers, et les témoins d'une part, et entre les différents groupes d'enfants anciens prématurés d'autre part, pourraient s'accentuer – et alors devenir significatives - à l'âge scolaire.

Nous avons par ailleurs évoqué l'existence, chez les enfants nés avant 33 SA, de déficits affectant le domaine non-verbal. Ceux-ci concernent plus précisément la motricité et la coordination motrice, le traitement visuo-spatial et l'intégration visuo-motrice. Nous nous attendions à ce que ces difficultés perturbent la résolution des subtests de l'échelle Simultanée basés sur des informations visuelles et spatiales. Les résultats obtenus par le biais de l'enquête Epipage appuient ces propositions. Certains problèmes ont également été relevés chez des enfants nés peu avant terme, prématurés légers : la note moyenne obtenue par ces enfants à l'échelle Simultanée est en effet significativement inférieure à celle des témoins. Toutefois, ces difficultés s'observent essentiellement dans des épreuves qui font intervenir des processus autres que ceux non-verbaux, à savoir les capacités de mémoire immédiate dans le cas du subtest Mémoire Spatiale, ou encore le raisonnement pour l'épreuve des Matrices Analogiques, entre autres. Si ce point reste à préciser, il semble bien que les problèmes

évoqués qui concernent différentes habiletés non-verbales (et qui se révèlent sous forme de plus faibles performances dans les épreuves basées sur des informations visuo-spatiales, impliquant ou non une activité motrice) touchent essentiellement les enfants nés avant 33 SA. En accord avec les hypothèses formulées, ils sont particulièrement prégnants chez les enfants nés aux termes les plus bas, anciens très grands prématurés.

Comme attendu au regard des éléments qui viennent d'être signalés, les résultats rapportés dans ce chapitre vont dans le sens d'un niveau global plus faible d'efficience cognitive chez les enfants nés avant terme rencontrés pour l'étude Epipage, en comparaison avec des témoins. Un écart de 10 à 20 points a été noté entre la note moyenne obtenue par les enfants témoins nés à terme à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC et celles des différents groupes d'enfants anciens prématurés, dépendant de la sévérité de la prématurité. Ainsi, les différences au niveau des performances cognitives globales fréquemment relevées à l'âge scolaire entre les enfants nés à terme et ceux nés prématurément s'observent avant même l'entrée à l'école primaire. Pour l'ensemble des groupes considérés d'enfants nés avant terme cependant, les performances réalisées demeurent dans la normale. Ces résultats sont en accord avec de nombreuses données de la littérature.

Enfin, les enfants anciens prématurés d'âge préscolaire évalués dans le cadre de l'étude Epipage ont obtenu de plus faibles scores que les témoins aux épreuves de l'échelle des Connaissances. Toutefois, nous avons signalé que les performances des enfants dans ce domaine étaient essentiellement sous la dépendance de facteurs socio-environnementaux, et beaucoup moins corrélées aux variables bio-médicales relatives à l'enfant. En conséquence, l'interprétation de ces résultats nous paraît moins évidente. De fait, nous avons fait le choix de ne pas proposer les subtests de cette échelle aux enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire évalués lors des deux études que nous avons réalisées, et qui vont être détaillées dans les chapitres qui suivent.

Par ailleurs, nous avons considéré plusieurs variables susceptibles d'influer sur le développement des enfants nés prématurément, parmi celles relativement nombreuses prises en compte pour l'étude Epipage. Nous nous sommes ainsi intéressés à l'influence du sexe, du caractère hypotrophe *vs* normotrophe à la naissance, du caractère singulier *vs* multiple de la grossesse et du niveau d'études de la mère. Nous avons également tenu compte de la situation maritale des parents, de l'éventuel tabagisme maternel au cours de la grossesse et du fait que l'enfant soit ou non bilingue.

Les données issues de l'étude Epipage ont permis de confirmer l'influence sur le développement de plusieurs de ces variables. C'est en particulier le cas du niveau d'études de la mère et du sexe, facteurs qu'il importe donc de prendre en compte dans toute recherche sur le devenir des enfants nés avant terme. Contrairement à ce à quoi nous nous attendions en revanche, le caractère hypotrophe *vs* normotrophe à la naissance n'apparaît pas avoir d'influence sur les performances cognitives des enfants nés prématurés, en tous cas à l'âge préscolaire. Les études suivantes permettront de déterminer si cela est toujours le cas chez des enfants plus âgés. Par ailleurs, la situation maritale des parents, l'éventuel tabagisme maternel au cours de la grossesse et le bilinguisme de l'enfant n'apparaissent pas avoir d'influence sur les performances au K-ABC des enfants d'âge préscolaire rencontrés pour l'étude Epipage ; le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse n'a quant à lui qu'un effet extrêmement limité.

Toutefois, de très nombreuses autres variables peuvent influer sur le développement et ainsi moduler la relation entre le statut à la naissance et les performances cognitives des enfants. Nous avons évoqué dans le premier chapitre quelques-uns des principaux facteurs susceptibles d'avoir une influence à ce niveau. Nous n'avons pas abordé le problème des fluctuations de l'efficience cognitive et, pour ce qui représente des aspects plus spécifiques, de l'efficience attentionnelle et de celle mnésique. Ces fluctuations constituent l'un des centres d'intérêt privilégiés des recherches menées dans le domaine de la chronopsychologie. Celles-ci ont mis en évidence une rythmicité des performances cognitives selon différents « temps » : circannuelle, hebdomadaire et journalière notamment (Leconte & Beugnet-Lambert, 1988). Pour ce qui concerne le cas particulier de l'attention et ses fluctuations journalières, il apparaît que, chez les enfants d'âge scolaire – à partir du CP -, la rythmicité « classique » consiste en des pics de l'attention situés en fin de demi-journées et des creux (ou « batyphases ») en début de chaque demi-journée (Janvier & Testu, 2005). Néanmoins, ces phénomènes sont extrêmement complexes. Ainsi, le rythme de ces fluctuations varie en fonction de nombreux facteurs, et notamment du domaine de la cognition qui est appréhendé, de la nature de l'activité (Testu, 1986, cité par Janvier & Testu, 2005), du degré de plaisir ou de déplaisir pour celle-ci, du niveau de motivation de l'enfant (Leconte & Beugnet-Lambert, 1988 ; Leconte-Lambert, 1997). Les variations observées au niveau de l'attention et plus généralement de l'efficience cognitive peuvent également se moduler sous l'influence de variables environnementales ou liées aux sujets eux-mêmes (Testu, 1984). Parmi ces dernières, l'âge et le niveau scolaire de l'enfant influencent la rythmicité. C'est aussi le cas de caractéristiques typologiques telles que le style dépendant / indépendant du champ ou encore celui introverti / extraverti (Leconte & Beugnet-Lambert, 1988).

Finalement, le développement de l'enfant, et pour ce qui nous concerne ici le développement des enfants nés prématurément, est soumis aux effets de très nombreuses variables. Celles-ci sont de différents ordres : socio-environnementales, bio-médicales et psychologiques. Ces variables, et les études réalisées dans le domaine de la chronopsychologie le montrent bien, interagissent entre elles de façon extrêmement complexe. Or, il est très difficile de tenir compte de certains facteurs, et en tous cas inconcevable d'espérer les prendre en compte tous. A la lumière de ces considérations, il importe alors de relativiser les résultats des études menées dans une perspective développementale, et plus encore les résultats des études comparatives.

Nous avons présenté dans ce chapitre plusieurs résultats obtenus dans le cadre de l'étude Epipage, qui étaient relatifs aux performances d'enfants nés à terme *vs* prématurés aux échelles et subtests de la batterie d'intelligence K-ABC, à l'âge de 5 ans. Néanmoins, nous avons signalé dans le premier chapitre que l'évaluation globale des performances cognitives des enfants anciens prématurés doit être dépassée au profit de l'évaluation d'aspects plus spécifiques du fonctionnement cognitif.

Les processus attentionnels exécutifs, et parmi eux les processus d'inhibition, nous semblent constituer une « cible » d'intérêt dans les recherches relatives au fonctionnement cognitif des enfants nés prématurément.

Chapitre 5.

Un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire ?

Nous présentons dans ce cinquième chapitre la seconde étude que nous avons réalisée. Celle-ci visait essentiellement à éprouver l'hypothèse d'un déficit inhibiteur chez les enfants nés prématurément, à l'âge scolaire. Cette hypothèse, sur laquelle se base notre travail - il s'agissait en effet de justifier du choix de la population des enfants anciens prématurés pour l'étude de l'inhibition -, a été émise récemment par plusieurs auteurs.

1. Contexte, objectifs, démarche

Des troubles affectant le fonctionnement cognitif et le comportement ont été observés de façon récurrente chez des anciens prématurés, à différents moments du développement depuis la petite enfance jusqu'à l'adolescence, parfois jusqu'à l'âge adulte. Récemment et pour tenter de rendre compte d'une partie de ces difficultés, plusieurs auteurs se sont intéressés au fonctionnement exécutif des enfants nés prématurément. En effet, les fonctions exécutives, « supérieures », ont un rôle essentiel dans des domaines extrêmement variés de la cognition.

Le fonctionnement exécutif des anciens prématurés, depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'adolescence, a depuis quelques années été étudié par le biais de tâches de fluence verbale, d'épreuves telles que la Tour de Londres ou la Tour de Hanoï, ou encore de la tâche d'empan à l'envers. L'ensemble de ces épreuves est supposé impliquer un contrôle inhibiteur.

Aux épreuves de fluence verbale, les anciens prématurés obtiennent des scores significativement inférieurs à ceux des témoins, et ce, à l'âge scolaire (Mellier & al., 1999) et à l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Rushe & al., 2001). Les enfants nés avant terme d'âge préscolaire (Harvey & al., 1999) et scolaire (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Luciana & al., 1999 ; Willatts & al., 1994) réalisent également de plus faibles performances que les enfants nés à terme aux épreuves de planification - Tour de Hanoï ou Tour de Londres -. En revanche, des adolescents qui étaient nés prématurément ne se distinguent pas des témoins au niveau de leurs performances à la Tour de Londres (Curtis & al., 2002 ; Mellier & Fessard, 1998). Enfin et quelle que soit la période de la vie considérée - âge préscolaire, scolaire ou adolescence -, les anciens prématurés ont de moins bons résultats comparés aux témoins dans l'épreuve

d'empan à l'envers (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Isaacs & al., 2000 ; Rieck & al., 1996) qui constitue une mesure classiquement employée de l'efficience de la mémoire de travail.

Par ailleurs, Harvey et al. (1999) font état de plus faibles capacités d'inhibition chez des enfants nés prématurément en comparaison avec des témoins nés à terme, sur la base de leurs performances dans une épreuve d'attention sélective motrice inspirée de l'épreuve des « gestes contraires », à l'âge de 5 ans.

Sur la base de certains de ces résultats, les troubles associés à une naissance avant terme ont été interprétés plus précisément en termes de déficit au niveau de l' « inhibition cognitive » (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994).

Si cette hypothèse nous paraît tout à fait probable, l'observation de plus faibles scores chez les anciens prématurés comparés aux témoins aux épreuves dont il vient d'être question ne nous semble pas suffisante pour postuler l'existence d'un déficit inhibiteur chez les enfants nés prématurément. En effet, encore faut t'il attester que ces épreuves, employées non seulement dans plusieurs études récentes relatives au devenir des enfants nés avant terme, mais plus généralement avec des populations infantiles spécifiques, ont bien en commun d'appréhender l'efficience inhibitrice.

Parce qu'elle nous semble particulièrement prometteuse mais aussi insuffisamment fondée, nous souhaitons éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les enfants nés prématurément, à l'âge scolaire.

Visant cet objectif, il nous paraît utile dans un premier temps de vérifier les résultats des études réalisées ces dernières années qui ont été précédemment relatés. Pour ce faire, nous avons choisi de comparer les performances d'enfants anciens prématurés d'âge scolaire à celles de témoins nés à terme aux épreuves qui viennent d'être évoquées, à savoir : à l'épreuve des Gestes Contraires, aux tâches de fluence verbale, à la Tour de Londres et à l'épreuve d'empan à l'envers.

Toutefois et parce que cela nous paraît nécessaire pour les raisons déjà évoquées au chapitre précédent et pour d'autres encore – qui sont exposées juste après -, nous avons tout d'abord soumis les enfants rencontrés pour cette étude aux subtests des Processus Mentaux de la batterie d'intelligence K-ABC. En tant que l'interprétation des performances à ces épreuves nous semble davantage sujette à caution, nous n'avons pas proposé les subtests de l'échelle des Connaissances à ces enfants. Si les données issues de l'étude Epipage n'ont pas permis de vérifier toutes les hypothèses émises relatives aux performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC, nous pensons que les différences déjà apparentes à l'âge préscolaire entre les enfants anciens prématurés et les témoins nés à terme devraient être plus importantes chez des enfants plus âgés que chez ceux rencontrés pour Epipage. La présentation des résultats au K-ABC des enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire évalués dans le cadre de notre seconde étude permettra d'éclairer ce point.

Nous chercherons dans un second temps à déterminer, dans une démarche exploratoire et par le biais d'analyses factorielles (plus précisément d'analyses en composantes principales), si une variable latente – qui renverrait à la notion d'inhibition - peut rendre compte des relations entre les variables observées, à savoir les scores des enfants aux différentes épreuves censées mesurer l'efficience inhibitrice.

Le cas échéant, nous comparerons le niveau global d'efficience inhibitrice dans les différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance.

Enfin, nous chercherons à éclairer les liens entre la variable latente « inhibition » et le fonctionnement cognitif global, appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. A ce propos, nous faisons l'hypothèse d'une influence plus forte de l'inhibition sur les scores des enfants à l'échelle Séquentielle (*vs* Simultanée), dont les épreuves font appel aux capacités d'attention.

Les principaux objectifs de cette étude étant posés, nous détaillons les moyens mis en oeuvre pour les atteindre.

2. Population et méthodes

Nous présentons au cours des paragraphes suivants l'échantillon d'étude - dont la constitution a posé, comme nous le verrons, un certain nombre de problèmes. Nous rappelons également les principes des différentes épreuves proposées aux enfants dans le cadre de cette étude, et évoquons enfin les conditions d'évaluation.

2.1. Population

Nous nous sommes intéressés au cours de cette étude au fonctionnement cognitif et inhibiteur d'enfants anciens prématurés scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2, en comparant leurs performances à celles d'enfants témoins nés à terme. Nous expliquons brièvement ces choix, évoquons les principaux problèmes apparus lors de la constitution des groupes, et précisons également de quelle manière ont été « recrutés » les enfants.

2.1.1. Des enfants scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2

Même mineurs, les troubles observés chez certains enfants anciens prématurés sont susceptibles d'interférer avec la mise en place des apprentissages, notamment scolaires. Il nous a ainsi paru particulièrement utile d'évaluer les enfants au moment où ils sont supposés avoir acquis les principales habiletés de base, afin de pouvoir appréhender l'impact des troubles relevés au niveau de celles-ci. Le cycle des « apprentissages fondamentaux » s'achevant à la fin du CE1, nous avons choisi de tester notre hypothèse chez des enfants à partir du CE2 – à l'entrée d'un nouveau cycle scolaire, celui des « approfondissements » - jusqu'à la fin du CM2.

2.1.2. Une étude cas-témoins

Comme nous l'avons vu, la majorité des études qui concernent les effets à court et à long terme de la prématurité relève de l'approche dite « comparative ». Dans cette perspective, les performances ou les comportements des enfants nés prématurés sont comparés à ceux d'enfants nés à terme. Habituellement, plusieurs groupes d'enfants nés prématurément sont considérés, qui se distinguent en fonction du terme de la grossesse. Considérant la pertinence de cette démarche pour notre problématique, c'est également la méthode que nous avons souhaité adopter.

Il s'agissait alors de pouvoir comparer les performances réalisées à un certain nombre d'épreuves par les différents groupes classiquement considérés d'enfants nés prématurés (enfants nés prématurés légers, grands prématurés et très grands prématurés) avec celles d'enfants dits « témoins » nés à terme.

Toutefois, choisir cette approche soulève le problème de la constitution des groupes d'étude, et de leur comparabilité.

2.1.3. Constitution des groupes d'étude

Nous avons évoqué, dans le premier chapitre, plusieurs problèmes méthodologiques inhérents aux études relatives au devenir des enfants nés prématurément. Certains concernent la constitution des groupes d'étude, d'autres la prise en compte des variables ayant un effet reconnu sur le développement.

Pour ce qui concerne tout d'abord la constitution des groupes d'étude, nous avons souligné que les études réalisées dans ce domaine de recherche doivent idéalement se baser sur des comparaisons non seulement « inter-catégories » - *i.e.*, les performances des enfants nés prématurément doivent absolument être comparées à celles de témoins nés à terme -, mais aussi « intra-catégories » - il faut comparer entre elles les performances des différentes catégories d'enfants anciens prématurés établies selon l'âge gestationnel ou le poids de naissance ou encore celles des enfants nés hypotrophes *vs* eutrophiques -. Nous avons vu également que la formulation de conclusions valides et donc généralisables concernant le développement des enfants nés avant terme nécessite que l'échantillon comprenne, toujours dans l'idéal, l'ensemble des survivants d'une région géographique définie, et que la grande majorité de ces enfants (au moins 90%) soit suivie depuis leur naissance jusqu'à un âge avancé.

Si quelques-unes de ces conditions ont été remplies[107], toutes n'ont pu l'être. Il était par exemple impossible, parce que notre travail porte sur le fonctionnement cognitif d'enfants anciens prématurés d'âge scolaire, de suivre des enfants depuis leur naissance. De fait, notre

[107] Nous avons comparé les performances d'enfants nés prématurés légers, grands prématurés et très grands prématurés à celles d'enfants témoins nés à terme ; nous avons aussi tenu compte du caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance et de celui singulier *vs* multiple de la grossesse notamment.

étude n'est ni prospective, ni longitudinale. Par ailleurs, elle se fonde sur un échantillon d'enfants issus d'un service hospitalier unique parmi ceux dont les familles ont pu être retrouvées et qui étaient volontaires. Cette dernière caractéristique pourrait être source de biais en raison de la possible non-équivalence des enfants selon que leurs familles ont ou non pu être contactées, et selon qu'elles ont ou non accepté de participer à notre étude[108].

Nous souhaitons conclure ce paragraphe en ajoutant que nous aurions pu, en théorie, recruter les enfants anciens prématurés par le biais d'écoles de la région. Toutefois, cette procédure ne nous aurait sans doute pas permis d'obtenir un effectif suffisant : la prématurité représente environ 6% des naissances vivantes en France, la grande prématurité à peine plus de 1%. Dans ce domaine de recherche, seules quelques études ont été réalisées de cette manière (voir notamment Klebanov & al., 1994 ; Yliherva & al., 2001). Elles portent sur plusieurs milliers d'enfants – ce qui est essentiel pour qui souhaite obtenir un groupe d'enfants anciens prématurés de taille suffisante - mais se basent uniquement, en tous cas à notre connaissance, sur les réponses fournies par les enseignants et/ou par les parents à des questionnaires portant sur divers aspects du fonctionnement cognitif, scolaire, et/ou du comportement des enfants.

Pour ce qui concerne ensuite le deuxième type de problèmes méthodologiques soulevé et dans le cas particulier d'une étude cas-témoins, la constitution des groupes devrait théoriquement procéder d'un appariement *a priori* des enfants des différents groupes sur les principales variables – puisqu'il est impossible de les contrôler toutes - influençant le développement. En effet et quoique abusivement, cette manière de faire permet de considérer que la comparabilité des groupes est satisfaite (Deleau & Weil-Barais, 1994). Cette procédure idéale aurait requis que nous puissions évaluer, au sein de chaque classe où était scolarisé un enfant ancien prématuré inclus dans notre étude, un enfant né à terme comparable au premier sur un certain nombre de critères, en l'occurrence de variables susceptibles d'influer sur le développement. Nous aurions ainsi pu « choisir », pour chaque enfant né prématurément, un enfant témoin de même âge, de même sexe et de mêmes origines culturelles ; il aurait également fallu que ces deux enfants proviennent de familles de niveaux socio-économiques équivalents, entre autres. Un tel appariement, quoique souvent effectué sur un nombre réduit de facteurs, a été réalisé dans quelques rares études concernant le développement des enfants nés prématurément (voir notamment Wolke & al., 2004). Comme dans celles-ci, nous aurions alors pu contrôler l'influence des variables évoquées, ainsi que l'effet « classe » et l'effet « maître » dont il a été montré qu'ils ont un impact sur les performances scolaires (Tazouti, 2002).

Mais là encore, du fait de contraintes pratiques – notamment administratives et temporelles - mais aussi déontologiques, nous n'avons pas procédé de cette façon. En effet, évaluer un enfant au sein d'une école – d'autant plus lorsqu'il s'agit d'une passation individuelle, réalisée avec l'élève seul(e) - ne peut s'envisager sans un certain nombre d'autorisations. Une telle évaluation nécessite tout d'abord les autorisations de l'Inspection d'Académie et de l'Inspection de l'Education Nationale de la circonscription dont dépendent

[108] Comme nous ne disposons pas de renseignements suffisants concernant les familles qui n'ont pu être retrouvées et celles qui n'ont pas répondu ou ont refusé de participer à l'étude, nous sommes toutefois dans l'impossibilité de savoir si nos résultats sur-estiment, ou au contraire sous-estiment, l'impact d'une naissance avant terme sur le développement cognitif.

les écoles convoitées ; elle requiert également l'accord des directeurs et celui des enseignants[109], le consentement des parents et bien entendu celui de l'enfant. Outre ces obligations déjà « limitantes » d'un point de vue pratique, des considérations d'ordre déontologique ont présidé à nos choix. Ainsi, il ne nous semblait pas possible, ou pour le moins pas souhaitable, d'évaluer un seul enfant au sein d'une classe. Nous avons donc décidé, ce à quoi d'ailleurs les enseignants paraissent particulièrement sensibles lorsqu'ils ne s'en soucient pas déjà, de rencontrer l'ensemble des élèves - pour lesquels nous disposions d'une autorisation parentale - d'une même classe participante, y compris les enfants dont nous savions que leurs résultats ne seraient pas pris en compte lors des analyses statistiques.

Si nous nous sommes finalement résolus à évaluer des enfants témoins au sein de classes entières d'écoles de la région, nous nous sommes néanmoins assurés que celles-ci étaient suffisamment représentatives. Cela a été permis par Monsieur l'Inspecteur – alors en fonction - de l'Education Nationale de la circonscription de Jarville. Grâce à lui en effet, nous avons pu nous assurer que les notes moyennes (en français et en mathématiques) obtenues aux évaluations nationales réalisées à l'entrée du CE2[110] par les enfants des classes qui participaient à notre étude étaient comparables aux moyennes nationales. Toutefois et hormis en ce qui concerne la classe de CE2, il ne nous a pas été possible de vérifier que cette « normalité » s'appliquait à notre échantillon, c'est-à-dire que les notes moyennes obtenues par les enfants témoins élèves de CM1 ou de CM2 étaient comparables aux moyennes nationales. En effet, les résultats aux évaluations sont transmis – souvent oralement - aux familles, mais rarement conservés.

2.1.4. Recrutement des sujets

Selon qu'ils étaient nés à terme ou prématurés et comme le laissaient entendre les éléments mentionnés plus avant, les sujets rencontrés dans le cadre de ce travail ont été recrutés de manière différente.

2.1.4.1. Recrutement des enfants nés prématurés

Les familles des enfants nés prématurés ont été contactées par l'intermédiaire du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Grâce à la responsable de ce service, nous avons pu obtenir des renseignements concernant 507 enfants ayant été hospitalisés au Service de Néonatalogie de la Maternité de Nancy entre le premier janvier 1992 et le 31 décembre 1994. Nous disposions des coordonnées postales et téléphoniques des familles à la date de naissance de(s) l'enfant(s), ainsi que des dates de naissance, âges gestationnels et poids de naissance de ces derniers.

---

[109] Celui-ci est parfois plus difficile à obtenir, ce qui se comprend mieux sachant que les enseignants doivent rattraper ce qui a été fait en classe avec chaque élève évalué (pendant près d'une heure et demi dans le cas de notre étude).

[110] En ce qui concerne les élèves témoins de CM1 ou de CM2, nous avons considéré les notes obtenues à ces mêmes évaluations, l'année précédente pour les élèves de CM1, deux ans auparavant pour ceux de CM2.

Les coordonnées de 176 familles, pour un total de 202 enfants nés avant terme ayant séjourné à la Maternité Régionale de Nancy, ont pu être retrouvées. Courant septembre 2002, un courrier leur a été envoyé, qui expliquait notre projet de recherche et sollicitait leur participation pour cette étude. La lettre explicative, co-signée par Madame le Docteur André, responsable du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, est présentée en annexe (Annexe V.1). Le cas échéant, il était demandé aux parents de renvoyer une déclaration de consentement signée, et d'indiquer leurs préférences concernant le jour et le lieu de l'évaluation. Celle-ci était effectuée à la Maternité Régionale de Nancy ou, si les parents le désiraient, à leur domicile. Outre la passation des tests psychologiques, un examen médical de l'enfant était également proposé pour les familles qui le souhaitaient.

Plusieurs familles ont répondu au courrier qui leur avait été envoyé en indiquant que, pour diverses raisons[111], l'évaluation de leur enfant n'était pas possible. Pour d'autres et de façon bien légitime, cette rencontre n'était tout simplement pas souhaitée. Tchénio (1998, p. 173) a ainsi montré que l'hospitalisation de l'enfant en Réanimation prenait « valeur de situation traumatique pour les parents », souvent très difficile et très longue à élaborer. Enfin, un petit nombre de familles qui avaient pourtant signifié leur accord ne se sont pas présentées le jour de l'évaluation.

Finalement, nous avons pu rencontrer 82 enfants qui étaient nés prématurés (sauf un élève de CE2 né à terme) et avaient été admis au Service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy entre 1992 et 1994. Tous étaient indemnes de séquelle neurologique, et présentaient un développement harmonieux lors des dernières consultations réalisées dans le cadre du suivi systématique des enfants anciens prématurés. Parmi ces enfants, 4 étaient scolarisés en classe de CE1, 42 en classe de CE2, 22 en classe de CM1, 13 en classe de CM2, et 1 en classe de 6^{e}.

2.1.4.2. Recrutement des enfants du groupe témoin

Nous l'avons signalé, les enfants témoins ont quant à eux été recrutés au sein d'écoles de la région, après accord des autorités académiques et par l'intermédiaire de l'Inspection de l'Education Nationale de la circonscription de Jarville. Par ce biais, nous avons contacté les directeurs d'un certain nombre d'écoles dans lesquelles une ou plusieurs classes répondaient, de par leur composition, à nos critères. Lorsque nous obtenions leur consentement – cela a en fait toujours été le cas - nous rencontrions les professeurs des classes concernées afin d'une part de leur expliciter notre projet de recherche, d'autre part de leur fournir les demandes d'autorisations parentales. Celles-ci étaient alors transmises aux familles, puis rapportées par les enfants lorsque les parents donnaient leur accord.

Ont participé à cette étude les enfants d'une classe de CE2, d'une classe de CM1 et de deux classes de CM2 de la circonscription de Jarville.

Au total, 70 enfants ont été évalués. Parmi eux, 27 étaient scolarisés en classe de CE2, 23 en classe de CM1 et 20 en classe de CM2.

---

[111] Quelques causes parmi celles invoquées étaient que l'enfant souffrait de phobie scolaire sévère, d'autisme, ou encore qu'il présentait un handicap majeur.

2.2. Instruments d'évaluation

L'étude présentée dans ce chapitre vise essentiellement à éprouver l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez un certain nombre d'enfants nés avant terme, qui pourrait rendre compte d'une partie des troubles cognitifs et/ou comportementaux observés chez eux.

Nous avons cependant choisi, avant de leur soumettre plusieurs épreuves supposées évaluer – entre autres - l'efficience inhibitrice, d'appréhender les aptitudes des enfants par le biais d'une batterie standardisée d'intelligence générale. Sur la base de considérations théoriques tout d'abord mais aussi au regard des résultats obtenus dans le cadre de l'enquête Epipage, la *Kaufman Assessment Battery for Children* - ou K-ABC - nous paraissait s'imposer.

2.2.1. Le K-ABC

En tant qu'elles ont déjà été présentées au cours du quatrième chapitre, nous ne donnerons pas ici de détails supplémentaires concernant les bases théoriques ou les modalités de passation de cet instrument.

Comme cela a déjà été mentionné, nous avons décidé de ne faire passer aux enfants que les subtests des échelles des Processus Mentaux du K-ABC (*i.e.,* des échelles Séquentielle et Simultanée). Ce choix – concevable dans le cas d'une recherche (Kaufman & Kaufman, 1993b) - tient surtout au fait que les performances des enfants aux subtests des Connaissances sont plus fortement liées aux variables socio-environnementales qu'à celles bio-médicales relatives à l'enfant ; il relève aussi de raisons pratiques, en l'occurrence de contraintes temporelles.

Parmi les subtests qui ont été proposés aux enfants, trois évaluent les processus séquentiels et cinq les processus simultanés. En ce qui concerne les épreuves de l'échelle Séquentielle, deux évaluent les capacités de mémoire immédiate auditive (Mémoire des Chiffres et Suites de Mots), une les capacités de mémoire immédiate visuelle (Mouvements de Main). Les épreuves de l'échelle Simultanée (Reconnaissance de Formes, Triangles, Matrices Analogiques, Mémoire Spatiale et Séries de Photos) font quant à elle essentiellement appel aux habiletés visuo-spatiales.

Les scores bruts des enfants à ces épreuves, transformés en notes d'échelle, autorisent le calcul de notes globales à quatre des échelles du K-ABC parmi lesquelles nous avons considéré les échelles Séquentielle et Simultanée, ainsi que l'échelle des Processus Mentaux Composites[112]. L'échelle Séquentielle autorise une mesure des capacités de mémoire immédiate, visuelle et auditive. L'échelle Simultanée vise surtout l'évaluation d'habiletés impliquées dans la résolution de problèmes basés sur des informations visuelles et spatiales. Parce qu'elle combine les deux précédentes, l'échelle des Processus Mentaux Composites permet une estimation du niveau global d'efficience cognitive.

---

[112] Comme lors de la présentation des résultats de l'enquête Epipage, nous n'avons pas tenu compte pour cette étude de la note globale qu'il est possible de calculer à l'échelle Non Verbale.

Ces subtests et échelles ont été décrits de façon plus précise au chapitre précédent ; nous renvoyons le lecteur à cette présentation (partie 2.2. du chapitre 4).

Pour cette étude par ailleurs, nous nous sommes intéressés aux performances des enfants dans la seconde partie du subtest Suites de Mots. Dans cette épreuve, l'enfant doit montrer du doigt des dessins d'objets familiers dans l'ordre dans lequel ils lui ont été énoncés. La seconde partie de cette épreuve de mémoire comporte une tâche perturbatrice entre la présentation des items et leur rappel : pendant 5 secondes, l'enfant doit dénommer des couleurs. Par là, ce subtest permet d'évaluer la capacité à résister à la distraction ou, en d'autres termes, l'inhibition d'informations distractrices. Plus précisément, il nous semble que la seconde partie de l'épreuve Suites de Mots implique la fonction inhibitrice de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail.

Finalement, nous avons considéré 12 variables dépendantes pour ce qui concerne les performances des enfants au K-ABC. Il s'agit :

- des notes d'échelle obtenues à chacun des 8 subtests ayant été proposés aux enfants ;
- du nombre de séquences correctement rappelées dans la seconde partie du subtest Suites de Mots[113] ; et
- des notes globales aux 3 échelles considérées pour cette étude, à savoir l'échelle Séquentielle, l'échelle Simultanée et l'échelle des Processus Mentaux Composites (ou PMC).

2.2.2. Les épreuves exécutives d' « inhibition »

Suite à la passation du K-ABC et afin, d'une part de confirmer les résultats d'études récentes relatives au fonctionnement exécutif des enfants nés prématurément, et d'autre part de s'assurer de la validité des épreuves utilisées dans ces recherches, nous avons proposé aux enfants : une épreuve d'attention sélective motrice dite des Gestes Contraires, deux tâches de fluence verbale (catégorielle et phonologique), la Tour de Londres, ainsi qu'une épreuve d'empan à l'envers. Ces épreuves ont été détaillées au cours du second chapitre. Nous rappelons brièvement leurs principes.

2.2.2.1. L'épreuve d'attention sélective motrice dite des Gestes Contraires

L'épreuve d'attention sélective motrice que nous avons choisie est celle utilisée dans l'étude de Harvey et al. (1999) avec des enfants nés prématurément *vs* à terme d'âge préscolaire.

Cette épreuve est inspirée de la tâche des « gestes contraires » mise au point par Christensen (1974). Elle est notamment incluse dans la BREV, batterie clinique qui permet l'évaluation des fonctions cognitives chez les enfants de 4 à 9 ans. Dans cette épreuve, le sujet doit effectuer un geste contraire à celui exécuté par l'examinateur. Habituellement, les enfants ont pour consigne de frapper deux fois sur la table lorsque l'examinateur frappe une fois, et inversement de ne frapper qu'une seule fois sur la table lorsque celui-ci frappe deux fois.

---

[113] Toutefois, cette variable sera prise en compte avec celles relatives aux épreuves d' « inhibition ».

Cette condition dite « Conflit » est précédée d'une condition « Contrôle » dans laquelle il est demandé à l'enfant de reproduire à l'identique ce qui est fait par l'examinateur.

Pour notre étude, nous avons utilisé l'épreuve telle qu'elle se présente dans la BREV, où chacune des deux conditions comporte 10 items. Etait considéré pour cette tâche le nombre de réussites dans la condition « Conflit ».

L'épreuve des Gestes Contraires implique un contrôle inhibiteur. Comme nous l'avons mentionné au cours du second chapitre, il nous semble que cette tâche permettrait plus précisément d'appréhender la fonction de restriction de l'accès à des comportements prédominants octroyée à l'inhibition par Hasher et al. (1999) ; nous tenterons de préciser ce point ultérieurement.

2.2.2.2. Les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique

Les tâches de fluence verbale ont été utilisées pour appréhender le fonctionnement exécutif d'enfants nés à terme *vs* prématurés, à l'âge scolaire (Mellier & al., 1999) et à l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Rushe & al., 2001).

Dans ce type d'épreuves, le sujet doit produire en un temps donné le plus grand nombre de mots appartenant à une certaine catégorie sémantique (fluence catégorielle ou sémantique), ou commençant par une même lettre (fluence phonologique ou phonémique). Dans le cadre de cette étude, nous avons demandé aux enfants de citer, en une minute trente, le plus grand nombre de noms d'animaux (épreuve de fluence catégorielle), puis de mots commençant par la lettre M (épreuve de fluence phonologique).

Concernant l'épreuve de fluence catégorielle, nous avons choisi la catégorie des Animaux pour plusieurs raisons. D'une part, c'est également cette catégorie qui est utilisée dans l'épreuve de fluence de la BREV. D'autre part et parce qu'ils suscitent généralement l'intérêt des jeunes enfants, l'énumération de noms d'animaux nous semblait relativement aisée, et donc moins pénalisante pour les enfants anciens prématurés qui présenteraient des difficultés dans le domaine du langage.

Pour chacune de ces deux épreuves était noté le nombre de mots produits par l'enfant.

Les épreuves de fluence verbale font intervenir plusieurs processus exécutifs, dont la flexibilité et la mise en place d'une stratégie de récupération des mots en mémoire, ainsi que la planification. Elles impliquent également, pour ce qui nous intéresse tout particulièrement, l'inhibition des réponses ne répondant pas à la consigne (Gierski & Ergis, 2004) et le processus de suppression de la réponse prédominante consistant à utiliser les mots en fonction de leur signification (Salicé & Juhel, sous presse, cités par Juhel, 2003).

2.2.2.3. La Tour de Londres

La Tour de Hanoï et la Tour de Londres ont souvent été utilisées avec des enfants nés à terme *vs* prématurés à l'âge préscolaire (Harvey & al., 1999), à l'âge scolaire (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Luciana & al., 1999 ; Willatts & al., 1994) et à l'adolescence (Curtis & al., 2002 ; Mellier & Fessard, 1998).

Conçu par similitude avec la tour de Hanoï, le test de la Tour de Londres consiste à présenter à l'enfant deux supports en bois sur chacun desquels trois boules de couleurs sont glissées sur trois tiges de hauteurs différentes. A partir d'une position de départ préétablie et dans le respect de certaines règles, le sujet doit reproduire le modèle placé devant lui

(configuration « arrivée ») en effectuant un minimum de déplacements de boules d'une tige à l'autre. L'enfant a douze modèles à reproduire, et peut réaliser chaque modèle en autant d'essais qu'il est nécessaire. Après six essais pour un même modèle, on considère cependant qu'il y a échec.

Ont été considérés pour cette épreuve :

- le score de planification, qui correspond au nombre de modèles réussis au premier essai en un minimum de déplacements ;
- le nombre total d'essais effectués par l'enfant pour résoudre les douze modèles ; et
- le nombre total d'échecs[114].

Comme la Tour de Hanoï, le test de la Tour de Londres a essentiellement pour but d'évaluer les processus dits de planification. Dans ce type d'épreuves, ceux-ci sont sollicités pour générer et exécuter une séquence de mouvements dans un ordre précis, afin d'atteindre un but donné. Néanmoins, de telles tâches impliquent également d'autres processus exécutifs, dont l'inhibition. Dans les épreuves telles que la Tour de Londres, celle-ci est requise pour résister à la tendance naturelle de déplacer les boules selon la stratégie dite « perceptuelle » - chaque déplacement vise à se rapprocher de la configuration finale, d'un point de vue perceptif - (Miyake & al., 2000).

2.2.2.4. L'épreuve d'empan à l'envers

Cette épreuve, classiquement utilisée avec des populations – infantiles ou adultes - spécifiques, l'a été avec des anciens prématurés à différents moments du développement, depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'adolescence (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Isaacs & al., 2000 ; Rieck & al., 1996).

L'épreuve d'empan à l'envers consiste à faire répéter à l'enfant plusieurs séries de chiffres, de plus en plus longues, dans l'ordre inverse. Etait considéré pour cette épreuve le nombre de séquences correctes rappelées par l'enfant.

Selon Grégoire et Van der Linden (1997), cette tâche permet l'évaluation de l'administrateur central. Or, cette composante centrale de la mémoire de travail (Baddeley, 1986, 1993) assure, entre autres, une fonction d'inhibition.

Après avoir présenté les épreuves utilisées pour l'évaluation des enfants, nous décrivons maintenant les conditions de leur passation. Comme par ailleurs le recrutement des sujets, celles-ci variaient selon que les enfants étaient nés prématurés ou à terme.

2.3. Conditions d'évaluation

Dans la majorité des cas, les enfants anciens prématurés ont été rencontrés au Service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Mais parce que certaines familles en ont fait la demande, quelques-uns de ces enfants ont été évalués à leur domicile.

---

[114] Cette variable n'a toutefois pas été considérée lors des analyses, en tant que le nombre d'échecs commis à la Tour de Londres était nul pour la majorité des enfants.

La passation des épreuves était effectuée avec l'enfant seul, hormis dans quelques rares cas où cela a été impossible.

L'ordre de présentation des épreuves et les consignes données étaient identiques pour tous les enfants. Ceux-ci répondaient dans un premier temps aux subtests du K-ABC dans l'ordre prévu par ses auteurs. Dans un second temps, leur étaient proposées successivement : l'épreuve des Gestes Contraires, les tâches de fluence verbale catégorielle puis phonologique, l'épreuve d'empan à l'envers et enfin la Tour de Londres. L'ensemble de la passation prenait environ une heure et quart.

Suite à celle-ci, un entretien était réalisé avec les parents en présence de l'enfant, qui concernait les modalités de l'évaluation et la manière dont elle s'était déroulée. Si elles le souhaitaient, un compte rendu écrit était envoyé aux familles dans les jours suivant notre rencontre.

Il était par ailleurs proposé aux parents, pendant l'évaluation de l'enfant, de répondre à un questionnaire. Celui-ci, également présenté en annexe (Annexe V.2), comportait des items inspirés des échelles de Connors sur l'hyperactivité. D'autres renseignements, relatifs à la mère ou à l'enfant, étaient également demandés aux parents. La mère était priée d'indiquer le dernier diplôme qu'elle avait obtenu ; pour ce qui est conforme aux données de la littérature, Tazouti (2002) a en effet montré que le niveau d'études de la mère est plus fortement corrélé aux performances cognitives des enfants que ne l'est le niveau d'études du père et les revenus du ménage. Pour ce qui concerne l'enfant, étaient notés : ses âge gestationnel et poids de naissance, ainsi que, le cas échéant, les mesures de prise en charge dont il bénéficiait et les classes passées ou redoublées.

Tous les enfants du groupe témoin ont quant à eux été évalués dans les locaux de leurs écoles. Suivant la demande des enseignants, la passation des épreuves a été effectuée en deux fois. Lors de la première rencontre avec l'enfant, celui-ci passait l'ensemble des subtests des échelles des Processus Mentaux du K-ABC. Lors de la deuxième rencontre, les quatre épreuves d' « inhibition » - *i.e.*, les épreuves exécutives supposées impliquer un contrôle inhibiteur - lui étaient proposées, dans le même ordre que celui fixé avec les enfants anciens prématurés. Ces deux séances, d'une durée d'une heure et quart au total, étaient effectuées avec l'enfant seul dans une pièce disponible de l'école.

Comme pour les enfants anciens prématurés, les parents ou tuteurs légaux des enfants témoins rencontrés dans le cadre de cette étude ont donné leur consentement écrit préalablement à l'évaluation. Ils ont également répondu au même questionnaire, portant sur le comportement de l'enfant, que celui proposé aux parents rencontrés à la Maternité Régionale de Nancy. Enfin, ceux qui en faisaient la demande recevaient – le plus souvent au cours d'un entretien téléphonique, parfois lors d'une rencontre ou par courrier - quelque information sur l'évaluation réalisée.

Il n'a donc pas été possible, pour cette étude, d'assurer la standardisation des conditions de passation des épreuves. Les enfants anciens prématurés ont pour la plupart été rencontrés à la Maternité Régionale de Nancy, ce qui a pu être, pour quelques-uns d'entre eux et nous le regrettons, relativement intimidant. Les enfants témoins ont quant à eux été évalués dans les locaux de leur école qui représentent un cadre plus familier, lors de deux séances. En dépit de ces limitations méthodologiques, nous nous sommes attachés à rendre les conditions d'évaluation les plus équivalentes possibles pour tous les enfants, tout en cherchant à créer un climat propice à la passation des épreuves.

Pour conclure sur ce point, nous signalons que l'ensemble des résultats et renseignements obtenus au cours de ce travail a été traité de façon à respecter l'anonymat des enfants et de leurs familles.

3. Résultats

En présentant les résultats de cette étude, nous souhaitons éprouver l'hypothèse d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire, et, par là, justifier de l'emploi de cette population pour l'étude de l'inhibition. Nous comparons donc les performances des différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance à des épreuves impliquant un contrôle inhibiteur qui ont été employées dans des études récentes relatives aux conséquences de la prématurité au niveau du fonctionnement exécutif.

Préalablement, nous cherchons à déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores des enfants aux trois échelles globales et aux huit subtests du K-ABC considérés pour cette étude. Cela nous permettra de juger du caractère persistant ou non des différences relevées entre les enfants anciens prématurés et les témoins d'âge préscolaire évalués dans le cadre de l'étude nationale Epipage.

Enfin, nous mettons en correspondance les résultats des enfants aux échelles du K-ABC avec ceux obtenus dans les autres épreuves proposées, et ce, afin de préciser l'influence de la variable latente « Inhibition » sur le fonctionnement cognitif global.

Nous avons évalué 152 enfants dans le cadre de cette étude, dont 82 enfants anciens prématurés (sauf un élève de CE2 né à terme) ayant séjourné au Service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy et 70 « témoins » - pour la plupart nés à terme - recrutés au sein d'écoles de la région. Néanmoins, les données concernant 5 enfants qui présentaient un handicap sensoriel – en l'occurrence une déficience visuelle ou auditive - ne sont pas considérées comme valides. Ces données n'ont été prises en compte dans aucune des analyses qui sont développées dans ce chapitre.

Parmi les 147 enfants pour lesquels nous disposions de données jugées valides, une enfant née à terme scolarisée dans la classe attendue pour son âge a souffert de problèmes médicaux au cours de la période néonatale. Par conséquent, les données la concernant n'ont pas été prises en compte lors des analyses visant à comparer les performances des enfants nés à terme *vs* prématurément. Par ailleurs, quatre enfants parmi ceux rencontrés étaient scolarisés en classe de CE1, une enfant en sixième. Ils n'ont pas été considérés pour les comparaisons, en tant que celles-ci portent sur les performances d'enfants scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2. Enfin, nous n'avons pas non plus tenu compte des résultats de douze autres enfants ayant déjà redoublé ou passé une classe[115].

Finalement, les analyses effectuées pour comparer les performances des différents groupes établis d'après le statut à la naissance portent sur 129 enfants. Parmi ceux-ci, 61 enfants étaient scolarisés en CE2, 39 enfants en CM1, et 29 enfants étaient en CM2. Le tableau 5.1 donne les effectifs de chacun des groupes d'enfants distingués en fonction du statut de naissance considérés pour les analyses qui suivent, selon la classe et le lieu de l'évaluation.

---

[115] Parmi les enfants rencontrés qui ne présentaient pas de handicap sensoriel et étaient élèves de CE2, CM1 ou CM2, 10 avaient redoublé une classe (5 élèves de CE2, 3 de CM1 et 2 de CM2), et 2 élèves de CM1 étaient scolarisés avec un an d'avance.

Tableau 5.1 : Description de l'échantillon considéré pour les comparaisons des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés

	CE2					CM1					CM2				
	T	PL	GP	TGP	**Total**	T	PL	GP	TGP	**Total**	T	PL	GP	TGP	**Total**
M.R.N.	1	14	20	3	**38**	0	5	15	0	**20**	0	3	8	1	**12**
Ecoles	22	1	0	0	**23**	15	4	0	0	**19**	15	2	0	0	**17**
Total	23	15	20	3	**61**	15	9	15	0	**39**	15	5	8	1	**29**

T : témoins nés à terme ; PL : prématurés légers ; GP : grands prématurés ; TGP : très grands prématurés
M.R.N. : Maternité Régionale de Nancy

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 9.0.

3.1. Principales caractéristiques de l'échantillon considéré pour les comparaisons des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés

Nous commençons par présenter les principales caractéristiques de l'échantillon considéré pour les analyses statistiques effectuées visant à comparer les performances des enfants nés à terme *vs* prématurés, à savoir : l'âge gestationnel, le poids à la naissance et l'âge au moment de l'évaluation, et ce, pour les quatre groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance. Nous abordons par la suite quelques variables dont il a été montré qu'elles ont un impact sur le développement des enfants nés prématurément.

3.1.1. Age gestationnel, poids à la naissance et âge à la date de l'évaluation

Parmi les 129 enfants considérés pour cette étude, 53 enfants sont nés à terme, 29 prématurés légers, 43 grands prématurés et 4 très grands prématurés.

Le tableau 5.2 fournit les moyennes, les écart-types, les valeurs minimales et maximales relatifs à l'âge gestationnel et au poids à la naissance, dans les différents groupes établis selon le statut à la naissance et toutes classes d'âge confondues.

Tableau 5.2 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance, toutes classes d'âge confondues

	N	Nés à terme (≥ 37 SA)	Prématurés légers (33-36 SA)	Grands prématurés (28-32 SA)	Très grands prématurés < 28 SA
		Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]
	N	53	29	43	4
AGE GESTATIONNEL (SA : semaines d'aménorrhée)		**39,23 ± 1,14** [37-41]	**34,66 ± 1,34** [33-36,5]	**30,77 ± 1,45** [28-32,5]	**26,50 ± 0,58** [26-27]
POIDS A LA NAISSANCE (grammes)		**3269 ± 475** [2100-4200]	**2226 ± 558** [1150-3300]	**1443 ± 393** [810-2210]	**1039 ± 177** [790-1200]

L'âge moyen de l'ensemble des enfants à la date de l'évaluation était d'environ 9 ans et 3 mois ± 11 mois (110,76 ± 11,17 mois). Il était d'environ 8 ans et 5 mois ± 4 mois pour les élèves de CE2, d'environ 9 ans et 6 mois ± 4 mois pour les élèves de CM1, et d'environ 10 ans et 7 mois ± 3 mois pour les élèves de CM2. Le tableau 5.3 donne les valeurs moyennes et les écart-types concernant l'âge moyen (en mois) auquel les enfants des trois classes ont été évalués, et ce, pour les différents groupes distingués en fonction du statut à la naissance.

Tableau 5.3 : Age moyen (en mois) auquel les enfants ont été évalués, selon la classe et le statut à la naissance

CLASSE	statut selon AG	Moyenne	Ecart-type	N
CE2	A terme	102,83	4,09	23
	Prématurés légers	99,93	3,79	15
	Grands prématurés	100,00	3,46	20
	Très grands prématurés	97,33	3,51	3
	Total	100,92	4,03	61
CM1	A terme	116,13	3,40	15
	Prématurés légers	112,67	3,91	9
	Grands prématurés	112,67	4,32	15
	Total	114,00	4,15	39
CM2	A terme	128,40	3,04	15
	Prématurés légers	126,20	3,27	5
	Grands prématurés	125,38	2,92	8
	Très grands prématurés	126,00	,	1
	Total	127,10	3,20	29

L'effet du statut à la naissance au niveau de l'âge moyen auquel les enfants ont été évalués est significatif en ce qui concerne les élèves de CE2 ($F = 3,56$; $p = 0,020$) et ceux de CM1 ($F = 3,66$; $p = 0,036$) ; en revanche, la variable Statut n'a pas d'effet significatif au niveau de l'âge moyen auquel ont été évalués les enfants scolarisés en CM2 ($F = 1,95$; $p = 0,147$).

Néanmoins, chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM1, les comparaisons *post hoc* réalisées par le biais du test de Scheffé ne mettent pas en évidence de différence significative entre les différents groupes d'enfants en ce qui concerne l'âge moyen au moment de l'évaluation. Chez les élèves de CM1, la différence entre les enfants nés à terme et ceux nés grands prématurés tend toutefois vers la significativité ($p = 0,064$).

Au regard de ces résultats, il conviendra de contrôler l'effet de l'âge lors des analyses statistiques qui seront réalisées afin d'apprécier l'impact du statut à la naissance sur les différentes performances des enfants. La prise en compte de cette variable ne sera toutefois pas utile lors des analyses portant sur les résultats des enfants au K-ABC, en ce, en tant que nous travaillons dans ce cas sur des notes standardisées.

3.1.2. Autres variables relatives à l'enfant et à sa famille

Plusieurs variables relatives à l'enfant et à son environnement ont été prises en compte pour cette étude.

Pour ce qui concerne l'enfant et outre l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge à la date de l'évaluation et la classe fréquentée, nous avons considéré : le sexe, le caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance et le caractère singulier ou multiple de la grossesse. Comme lors de notre première étude, la catégorisation des enfants sur la variable Hypotrophie a été établie d'après les tables de Yudkin et al. (1987). Le cas échéant, nous avons également noté les mesures d'aide psycho-éducative dont pouvait bénéficier l'enfant.

Pour ce qui concerne la famille de l'enfant, nous avons pris en compte le niveau d'études de la mère et le fait que l'enfant soit ou non bilingue.

Le tableau 5.4.a présente les fréquences en effectif absolu (et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités de ces variables, et ce, pour chacune des classes d'âge et dans les différents groupes d'enfants établis selon le statut à la naissance. En effet, nous avons vu que ces facteurs ont, pour la plupart, un impact sur le développement des enfants nés avant terme. Les résultats de l'étude Epipage présentés au cours du chapitre précédent ont permis de confirmer l'influence du sexe de l'enfant et du niveau d'études de la mère sur les performances cognitives globales des enfants. Le caractère unique *vs* multiple de la grossesse aurait également un effet, qui ne concernerait néanmoins que le niveau de connaissances. En revanche, les données issues d'Epipage n'ont pas permis de mettre en évidence l'effet négatif du caractère hypotrophe à la naissance sur les scores aux échelles d'intelligence du K-ABC. Ce dernier résultat va à l'encontre des conclusions de nombreuses études. De fait, il nous semble important de préciser ce point en regardant si le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance a un impact sur les performances cognitives d'enfants d'âge scolaire. Enfin, l'influence de la langue maternelle (du bilinguisme) est moins clairement établie. Cette variable n'a pas d'effet significatif sur les scores au K-ABC des enfants d'âge préscolaire évalués pour l'étude Epipage. Pour autant, il nous paraît légitime d'imaginer que le fait pour un enfant d'être bilingue peut avoir un impact sur ses résultats à des épreuves de mémoire. Nous chercherons donc à préciser ce point.

Tableau 5.4.a : Fréquences relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle, selon la classe et en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme			Prématurés légers			Grands prématurés			Très grands prématurés	
	CLASSE	CE2	CM1	CM2	CE2	CM1	CM2	CE2	CM1	CM2	CE2	CM2
	N	23	15	15	15	9	5	20	15	8	3	1
		Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. Valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. Valide)	Effectif (pourc. Valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)
Sexe	Féminin	13 (56,5)	9 (60)	6 (40)	3 (20)	3 (33,3)	4 (80)	11 (55)	3 (20)	6 (75)	1 (33,3)	1 (100)
	Masculin	10 (43,5)	6 (40)	9 (60)	12 (80)	6 (66,7)	1 (20)	9 (45)	12 (80)	2 (25)	2 (66,7)	0 (0)
Hypotrophie	Non	21 (91,3)	15 (100)	15 (100)	14 (93,3)	9 (100)	4 (80)	15 (75)	15 (100)	6 (75)	3 (100)	1 (100)
	Oui	2 (8,7)	0 (0)	0 (0)	1 (6,7)	0 (0)	1 (20)	5 (25)	0 (0)	2 (25)	0 (0)	0 (0)
Grossesse Multiple	Non	21 (91,3)	15 (100)	15 (100)	10 (66,7)	9 (100)	5 (100)	13 (65)	11 (73,3)	4 (50)	3 (100)	1 (100)
	Oui	2 (8,7)	0 (0)	0 (0)	5 (33,3)	0 (0)	0 (0)	7 (35)	4 (26,7)	4 (50)	0 (0)	0 (0)
Niveau d'Etudes de la Mère	Aucun	3 (14,3)	4 (30,8)	3 (21,4)	1 (7,1)	1 (12,5)	0 (0)	2 (10,5)	3 (20)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	CAP-BEP	9 (42,9)	5 (38,5)	3 (21,4)	5 (35,7)	4 (50)	2 (50)	11 (57,9)	7 (46,7)	4 (57,1)	1 (33,3)	0 (0)
	Bac	2 (9,5)	3 (23,1)	1 (7,1)	2 (14,3)	1 (12,5)	1 (25)	2 (10,5)	2 (13,3)	2 (28,6)	0 (0)	0 (0)
	>BAC	7 (33,3)	1 (7,7)	7 (50)	6 (42,9)	2 (25)	1 (25)	4 (21,1)	3 (20)	1 (14,3)	2 (66,7)	0 (0)
	Manquante	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Langue Maternelle	Français	23 (100)	14 (93,3)	15 (100)	14 (93,3)	8 (88,9)	5 (100)	20 (100)	13 (86,7)	8 (100)	3 (100)	1 (100)
	Autre	0 (0)	1 (6,7)	0 (0)	1 (6,7)	1 (11,1)	0 (0)	0 (0)	2 (13,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Pour chacune des classes d'âge (CE2, CM1 et CM2), nous testons l'hypothèse d'une répartition identique des différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance pour les cinq caractères étudiés : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse, le niveau d'études de la mère et la langue maternelle. Pour ce faire, nous utilisons le test d'homogénéité.

Pour satisfaire aux conditions d'application de ce test et du fait d'effectifs insuffisants, nous avons regroupé, en ce qui concerne la variable Niveau d'Etudes de la Mère, les niveaux « Baccalauréat » et « supérieur au Baccalauréat ». Pour cette même variable par ailleurs, nous n'avons pas tenu compte des données manquantes.

Enfin et en raison de son très faible effectif (n = 4), le groupe des enfants nés très grands prématurés a été inclus dans celui des enfants nés grands prématurés. Nous évoquerons alors le fonctionnement cognitif des « enfants nés avant 33 SA, grands ou très grands prématurés ».

Le tableau 5.4.b fournit les mêmes données que le tableau 5.4.a, à la différence près qu'il tient compte des regroupements évoqués à l'instant.

Tableau 5.4.b : Fréquences relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle, selon la classe et en fonction du statut à la naissance, après regroupement des niveaux d'études Bac et > Bac et des enfants nés grands prématurés et très grands prématurés

		Nés à terme			Prématurés légers			Grands ou très grands prématurés		
	CLASSE	CE2	CM1	CM2	CE2	CM1	CM2	CE2	CM1	CM2
	N	23	15	15	15	9	5	23	15	8
		Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)	Effectif (pourc. valide)
Sexe	Féminin	13 (56,5)	9 (60)	6 (40)	3 (20)	3 (33,3)	4 (80)	12 (52,2)	3 (20)	7 (77,8)
	Masculin	10 (43,5)	6 (40)	9 (60)	12 (80)	6 (66,7)	1 (20)	11 (47,8)	12 (80)	2 (22,2)
Hypotrophie	Non	21 (91,3)	15 (100)	15 (100)	14 (93,3)	9 (100)	4 (80)	18 (78,3)	15 (100)	7 (77,8)
	Oui	2 (8,7)	0 (0)	0 (0)	1 (6,7)	0 (0)	1 (20)	5 (21,7)	0 (0)	2 (22,2)
Grossesse Multiple	Non	21 (91,3)	15 (100)	15 (100)	10 (66,7)	9 (100)	5 (100)	16 (69,6)	11 (73,3)	5 (55,6)
	Oui	2 (8,7)	0 (0)	0 (0)	5 (33,3)	0 (0)	0 (0)	7 (30,4)	4 (26,7)	4 (44,4)
Niveau d'Etudes de la Mère	Aucun	3 (14,3)	4 (30,8)	3 (21,4)	1 (7,1)	1 (12,5)	0 (0)	2 (9,1)	3 (20)	0 (0)
	CAP-BEP	9 (42,9)	5 (38,5)	3 (21,4)	5 (35,7)	4 (50)	2 (50)	12 (54,5)	7 (46,7)	4 (57,1)
	Bac et > Bac	9 (42,9)	4 (30,8)	8 (57,1)	8 (57,1)	3 (37,5)	2 (50)	8 (36,4)	5 (33,3)	3 (42,9)
Langue Maternelle	Français	23 (100)	14 (93,3)	15 (100)	14 (93,3)	8 (88,9)	5 (100)	23 (100)	13 (86,7)	9 (100)
	Autre	0 (0)	1 (6,7)	0 (0)	1 (6,7)	1 (11,1)	0 (0)	0 (0)	2 (13,3)	0 (0)

Les tableaux 5.5.a, 5.5.b et 5.5.c présentent les résultats des tests d'homogénéité relatifs aux cinq caractères considérés, et ce, pour les élèves de CE2 (tableau 5.5.a), de CM1 (tableau 5.5.b) et de CM2 (tableau 5.5.c).

Tableau 5.5.a : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CE2 pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle

	Valeur du $\chi 2$ de Pearson	ddl	Signification
SEXE	5, 462	2	*0,065*
HYPOTROPHIE	2,443	2	0,295
GROSSESSE MULTIPLE	4,286	2	0,117
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	2,048	4	0,727
LANGUE MATERNELLE	3,118	2	0,210

Chez les élèves de CE2, les tests d'homogénéité réalisés (tableau 5.5.a) montrent que les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance se répartissent de façon identique pour les variables Hypotrophie ($\chi 2 = 2,44$; ddl = 2 ; p = 0,295), Grossesse

Multiple ($\chi2 = 4,29$; ddl = 2 ; p = 0,117), Niveau d'Etudes de la Mère ($\chi2 = 2,05$; ddl = 4 ; p = 0,727) et Langue Maternelle ($\chi2 = 3,12$; ddl = 2 ; p = 0,210). En ce qui concerne la variable Sexe ($\chi2 = 5,46$; ddl = 2 ; p = 0,065), la valeur associée au $\chi2$ de Pearson tend vers la significativité.

Tableau 5.5.b : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CM1 pour les variables Sexe, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle

	Valeur du $\chi2$ de Pearson	**ddl**	**Signification**
SEXE	5,200	2	*0,074*
GROSSESSE MULTIPLE	7,131	2	**0,028**
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	1,045	4	0,903
LANGUE MATERNELLE	0,371	2	0,831

Chez les élèves de CM1 (tableau 5.5.b), les différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance se répartissent de façon identique pour les variables Niveau d'Etudes de la Mère ($\chi2 = 1,04$; ddl = 4 ; p = 0,903) et Langue Maternelle ($\chi2 = 0,37$; ddl = 2 ; p = 0,831). En revanche, les enfants, selon qu'ils sont nés à terme, prématurés légers ou grands ou très grands prématurés, ne sont pas répartis de façon homogène au regard du caractère unique *vs* multiple de la grossesse ($\chi2 = 7,13$; ddl = 2 ; p = 0,028). En ce qui concerne la variable Sexe ($\chi2 = 5,20$; ddl = 2 ; p = 0,074), la valeur associée au $\chi2$ de Pearson tend vers la significativité.

Le test d'homogénéité n'a pas été effectué pour la variable Hypotrophie, en tant que tous les élèves de CM1 évalués dans le cadre de cette étude étaient nés eutrophiques (*i.e.*, avec un poids normal compte tenu de la durée de la grossesse).

Tableau 5.5.c : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CM2 pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère

	Valeur du $\chi2$ de Pearson	**ddl**	**Signification**
SEXE	4,448	2	0,108
HYPOTROPHIE	3,602	2	0,165
GROSSESSE MULTIPLE	10,311	2	**0,006**
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	4,457	4	0,348

Concernant enfin les élèves de CM2 (tableau 5.5.c), les différents groupes d'enfants sont répartis de façon identique pour les variables Sexe ($\chi2 = 4,45$; ddl = 2 ; p = 0,108), Hypotrophie ($\chi2 = 3,60$; ddl = 2 ; p = 0,165), et Niveau d'Etudes de la Mère ($\chi2 = 4,46$; ddl = 4 ; p = 0,348). En revanche, les répartitions ne sont pas homogènes en ce qui concerne la variable Grossesse Multiple ($\chi2 = 10,31$; ddl = 2 ; p = 0,006).

Le test d'homogénéité n'a pas été effectué pour la variable Langue Maternelle : tous les enfants scolarisés en classe de CM2 rencontrés pour cette étude étaient francophones non bilingues.

Il faudra donc, sur la base de ces résultats et pour autant que ces variables aient une influence sur les performances des enfants aux épreuves considérées pour cette étude, rendre équivalents les groupes d'enfants sur les variables Sexe et Grossesse Multiple, ainsi que sur la variable âge en ce qui concerne les performances des enfants aux épreuves d'inhibition, mais non au K-ABC.

3.2. Performances des enfants aux échelles globales du K-ABC

Nous nous intéressons aux performances des enfants nés à terme *vs* prématurés aux échelles globales de la batterie K-ABC. Comme cela a été fait lors de l'analyse des données issues de l'étude Epipage, nous cherchons ensuite à déterminer quelles sont les principales variables ayant une influence sur les scores des enfants aux échelles du K-ABC.

Nous avons précédemment observé, par le biais de tests d'homogénéité (tableaux 5.5.a, 5.5.b et 5.5.c), que les différents groupes d'enfants établis selon le statut à la naissance sont répartis de façon identique pour ce qui concerne les variables Hypotrophie, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle. En revanche et dépendant des niveaux d'âge, les répartitions concernant les variables Sexe et Grossesse Multiple diffèrent entre les groupes. Des analyses de régression linéaire multiple (celles-ci sont présentées plus loin, dans la partie 3.2.3.) ont permis de montrer que parmi ces deux facteurs, seul le sexe apporte une contribution tendant vers la significativité dans l'explication des fluctuations au niveau des scores au K-ABC. Cette effet ne concerne que les élèves de CE2, et uniquement l'échelle Simultanée de la batterie ; il est donc très limité.

En conséquence, nous avons fait le choix de réaliser les analyses statistiques sur la base des données relatives à l'ensemble des 129 enfants nés à terme, prématurés légers ou grands ou très grands prématurés considérés dans cette seconde étude.

3.2.1. Analyses descriptives

Nous présentons, dans le tableau 5.6.a, les moyennes et les écart-types des scores aux trois échelles du K-ABC considérées pour cette étude, et ce, pour les trois groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance (enfants nés à terme, prématurés légers *vs* grands ou très grands prématurés) à l'intérieur de chacun des niveaux d'âge (CE2, CM1 et CM2). Le tableau 5.6.b fournit les mêmes indicateurs de tendance centrale et de dispersion relatifs aux performances réalisées par les différents groupes d'enfants aux échelles de la batterie, mais cette fois-ci toutes classes d'âge confondues. Ce regroupement est rendu possible par le fait que les scores ici présentés sont des scores standardisés (de moyenne 100 et d'écart-type 15).

Un enfant né grand prématuré scolarisé en classe de CM1 n'a pas répondu à l'ensemble des subtests du K-ABC. De fait, il n'a pas été possible de calculer pour cet enfant de notes globales aux échelles de la batterie. Les analyses concernant le groupe des élèves de CM1 anciens grands prématurés portent donc sur 14, et non sur 15 enfants.

Tableau 5.6.a : Scores (moyenne et écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance, pour chacune des classes d'âge

CLASSE	CE2			CM1			CM2		
	Terme	Prématurés légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés
N	23	15	23	15	9	14	15	5	9
	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)	Moy. (ET)
Echelle Séquentielle	107,52 (11,62)	100,20 (10,70)	96,87 (10,66)	101,13 (8,82)	98,22 (17,65)	91,86 (15,01)	109,47 (8,81)	95,40 (7,57)	96,11 (12,75)
Echelle Simultanée	116,17 (8,88)	115,40 (14,40)	98,22 (13,55)	112,07 (11,40)	109,56 (19,82)	105,50 (12,84)	109,47 (12,24)	100,80 (11,82)	95,89 (11,08)
Echelle des PMC	114,74 (8,52)	110,67 (14,38)	97,00 (11,89)	108,80 (10,69)	105,33 (20,39)	99,71 (11,57)	111,20 (11,56)	98,20 (8,53)	95,00 (12,07)

La variance des scores est particulièrement élevée dans le groupe des enfants nés prématurés légers élèves de CM1, comparés aux groupes des témoins nés à terme et des anciens grands ou très grands prématurés. En conséquence, lorsque l'on considère simultanément les trois niveaux d'âge (tableau 5.6.b), le groupe des enfants nés entre 33 et 36 SA se caractérise encore par une dispersion importante[116]. Cela signifie notamment que, parmi ces enfants nés prématurés légers, certains sont extrêmement « performants ».

Tableau 5.6.b : Scores aux échelles globales du K-ABC (moyenne ± écart-type) en fonction du statut à la naissance, toutes classes d'âge confondues

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**
N	53	29	46
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Echelle Séquentielle	106,26 ± 10,50	98,76 ± 12,56	95,20 ± 12,43
Echelle Simultanée	113,11 ± 10,81	111,07 ± 16,29	99,98 ± 13,18
Echelle des Processus Mentaux Composites	112,06 ± 10,20	106,86 ± 15,95	97,43 ± 11,69

[116] Nous avons testé l'hypothèse nulle de l'égalité des variances des scores dans les trois groupes d'enfants ici considérés. Les résultats du test de Levene montrent que les variances diffèrent dans deux groupes d'enfants au moins en ce qui concerne les échelles Simultanée et Processus Mentaux Composites du K-ABC. En conséquence, la comparaion des moyennes obtenues par les différents groupes établis d'après le statut des enfants à la naissance n'est pas possible par le biais d'une ANOVA.

Nous rapprochons les résultats fournis par le tableau 5.6.b de ceux obtenus dans le cadre de l'enquête nationale Epipage relative au devenir à 5 ans d'enfants nés prématurés *vs* à terme.

Lorsque nous considérons les 129 enfants scolarisés dans la classe attendue pour leur âge – parmi ceux rencontrés pour notre seconde étude - indépendamment de leur classe d'âge, nous remarquons que les scores moyens des différents groupes d'enfants aux échelles du K-ABC sont du même ordre que ceux des enfants plus jeunes – de même statut à la naissance - évalués pour Epipage. Ainsi, les effets d'une naissance prématurée sur le fonctionnement cognitif, déjà apparents à l'âge préscolaire, se retrouvent à l'âge scolaire. Cette première observation va dans le sens des conclusions de nombreuses études.

Par ailleurs et comparées aux données obtenues avec les enfants d'Epipage, il semblerait que les performances réalisées par les enfants élèves de CE2, CM1 et CM2 s'accordent davantage avec les hypothèses formulées sur la base de la revue de la littérature, qui ont été énoncées au chapitre précédent. Ainsi, l'écart entre la note moyenne obtenue par les enfants nés à terme à l'échelle Séquentielle et celle obtenue par les enfants nés prématurés légers rencontrés pour notre seconde étude est un peu plus grand que celui observé entre les mêmes groupes d'enfants à l'âge préscolaire. Chez les enfants de 5 ans à l'inverse, la différence entre la note moyenne des témoins nés à terme en Simultané et celle des enfants nés prématurés légers est plus grande comparée à celle relevée chez les enfants – témoins et prématurés légers - d'âge scolaire.

Contrairement à ce qui a été observé chez les enfants d'âge préscolaire inclus dans l'étude Epipage et en accord avec les hypothèses émises, il semblerait que, chez des enfants d'âge scolaire, ceux nés prématurés légers se distinguent des témoins nés à terme au regard de leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle, fortement sensibles à l'inattention. En revanche, cela ne serait pas le cas en ce qui concerne leurs performances dans les subtests de l'échelle Simultané, basés sur des informations visuelles et spatiales.

Les analyses univariées qui suivent permettent d'éprouver ces suppositions.

3.2.2. Analyses univariées

Nous voulons déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les performances cognitives des enfants d'âge scolaire rencontrés pour cette étude, appréhendées au travers de leurs scores aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC (échelles Séquentielle, Simultanée et PMC). Du fait de l'inégalité des variances des scores à l'échelle Simultanée et à l'échelle des Processus Mentaux Composites dans les trois groupes d'enfants d'une part, et de la petite taille des groupes d'autre part, nous utilisons des techniques non-paramétriques.

Pour chacune des classes d'âge considérées, nous présentons les scores (médianes en gras, premier et troisième quartiles) des trois groupes d'enfants aux échelles du K-ABC, ainsi que leur comparaison par le H de Kruskal Wallis (tableau 5.7).

Tableau 5.7 : Performances des trois groupes d'enfants aux échelles du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis

		Séquentiel	Simultané	Processus Mentaux Composites
		Médiane Q1 - Q3	Médiane Q1 - Q3	Médiane Q1 - Q3
CE2	**A terme**	**104** 102-112	**117** 108-123	**115** 107-121
	Prématurés légers	**100** 91-108	**114** 103-127	**105** 99-125
	Grands ou très grands prématurés	**98** 89-102	**99** 88-105	**97** 89-103
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	10,331 2 **0,006**	21,323 2 **< 0,001**	22,766 2 **< 0,001**
CM1	**A terme**	**100** 95-110	**112** 105-122	**108** 104-115
	Prématurés légers	**95** 85-110	**109** 92-126	**104** 88-121
	Grands ou très grands prématurés	**91** 81-98	**108,5** 97,75-112,5	**104** 91-106,25
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	5,758 2 *0,056*	1,748 2 0,417	4,339 2 0,114
CM2	**A terme**	**108** 104-114	**109** 105-119	**114** 104-119
	Prématurés légers	**95** 88-103	**105** 88,5-111	**99** 90,5-105,5
	Grands ou très grands prématurés	**93** 86-108	**101** 90,5-103	**98** 87,5-105,5
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	9,326 2 **0,009**	8,436 2 **0,015**	9,104 2 **0,011**

Chez les élèves de CM1, le test de Kruskal-Wallis ne fait pas apparaître d'effet significatif du statut à la naissance sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée et à celle des Processus Mentaux Composites. L'effet de la variable Statut tend vers la significativité en ce qui concerne les scores médians de ces mêmes enfants à l'échelle Séquentielle. Néanmoins et nous y reviendrons, nous avons quelques doutes concernant la représentativité des groupes d'enfants de cette classe d'âge, et donc concernant la validité des résultats ici obtenus.

Chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2 en revanche, la variable Statut a un effet significatif sur les performances des enfants à l'ensemble des échelles considérées, à savoir : à l'échelle Séquentielle, à l'échelle Simultanée et à l'échelle des Processus Mentaux Composites.

Les comparaisons réalisées par le biais du U de Mann-Whitney permettent de préciser ces résultats, par la localisation des différences au sein des trois combinaisons possibles de groupes pris deux à deux, et ce, pour chacun des niveaux d'âge (tableau 5.8).

Tableau 5.8 : Performances aux échelles du K-ABC des élèves de CE2, CM1 et CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney

CLASSE	Variables	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
		U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
CE2	**Séquentiel**	120	0,115	115	**0,001**	140	0,331
	Simultané	170	0,940	65,5	**< 0,001**	62	**0,001**
	PMC	142,5	0,370	47,5	**< 0,001**	77,5	**0,005**
CM1	**Séquentiel**	49,5	0,278	54,5	**0,016**	52,5	0,370
	Simultané	61	0,698	72	0,149	56,5	0,682
	PMC	51,5	0,340	55	**0,029**	55,5	0,636
CM2	**Séquentiel**	7	**0,007**	28,5	**0,020**	21	0,841
	Simultané	20,5	0,137	20,5	**0,003**	16,5	0,422
	PMC	13	**0,032**	23	**0,007**	20,5	0,789

♦Chez les élèves de CE2, les enfants anciens grands ou très grands prématurés se différencient des témoins nés à terme au regard de leurs scores aux trois échelles du K-ABC. A l'échelle Simultanée et à celle des Processus Mentaux Composites, les anciens grands ou très grands prématurés se distinguent également des enfants nés prématurés légers.

♦Chez les élèves de CM1, les enfants nés grands ou très grands prématurés obtiennent des scores significativement plus faibles que ceux des témoins nés à terme à l'échelle Séquentielle et à l'échelle des Processus Mentaux Composites.

♦Chez les élèves de CM2, les enfants témoins nés à terme réalisent de meilleures performances que les enfants nés prématurés légers et que ceux nés grands ou très grands prématurés à l'échelle Séquentielle et à l'échelle des Processus Mentaux Composites. A l'échelle Simultanée, les témoins obtiennent des résultats significativement supérieurs à ceux des enfants nés avant 33 SA. Aux trois échelles de la batterie, les performances de ces derniers ne diffèrent pas de façon significative des performances des enfants nés prématurés légers.

Sur la base des données de la littérature, nous avions formulé deux hypothèses principales à propos des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés à l'échelle Séquentielle du K-ABC.

Nous nous attendions tout d'abord à ce que les performances des enfants anciens prématurés aux épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle, qui font intervenir les capacités d'attention, soient d'autant plus faibles que la prématurité est sévère. Or, chez les enfants d'âge scolaire rencontrés pour cette étude, les comparaisons réalisées par le test Mann-Whitney n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les performances des enfants nés prématurés légers et celles des anciens grands ou très grands prématurés en Séquentiel. Ces résultats corroborent ceux obtenus sur la base des données de l'étude Epipage relative au devenir à 5 ans d'enfants nés prématurément. En revanche, ils ne vont pas dans le sens des conclusions formulées par Hack et al. (1994) et par Klebanov et al. (1994) notamment, selon lesquelles les troubles attentionnels sont d'autant plus importants que la prématurité est sévère.

En référence aux résultats de plusieurs études (voir notamment Huddy & al., 2001), nous nous attendions également à ce que les enfants nés prématurés légers se distinguent des témoins au regard de leurs scores en Séquentiel. Nous avons vu au cours du chapitre précédent que cela n'était pas le cas chez des enfants d'âge préscolaire ; cela ne l'est pas non plus en ce qui concerne les élèves de CE2 et ceux de CM1 inclus dans notre étude. En revanche, chez les élèves de CM2, les témoins réalisent de meilleures performances dans les épreuves de mémoire immédiate que les enfants anciens prématurés, y compris que ceux nés prématurés légers.

Ainsi, les troubles de l'attention – que nous supposons être à l'origine des moindres performances dans les épreuves de mémoire immédiate - observés chez des enfants anciens grands prématurés à l'âge préscolaire et scolaire pourraient apparaître plus tardivement chez les enfants nés prématurés légers, en l'occurrence pas avant la fin du primaire.

Pour ce qui concerne maintenant les performances des enfants en Simultané - *i.e.*, dans le domaine visuo-spatial - et toujours sur la base de la revue de la littérature réalisée, nous nous attendions à ce que les enfants nés grands prématurés obtiennent des scores inférieurs à ceux des enfants nés à terme à cette échelle. A l'inverse, nous ne prévoyions pas que les enfants nés prématurés légers se distinguent des témoins à ce niveau. Or, nous avons vu que les enfants nés prématurés légers âgés de 5 ans rencontrés dans le cadre d'Epipage réalisent de plus faibles performances en Simultané en comparaison avec des enfants nés à terme. Néanmoins, nous avons également évoqué la nécessité de relativiser ce dernier résultat, en tant que les enfants nés prématurés légers obtiennent des scores inférieurs à ceux des témoins à seulement deux des quatre subtests de l'échelle Simultanée, et que ces plus faibles performances peuvent en partie s'expliquer par des déficits affectant d'autres habiletés que celles visuo-spatiales.

Parmi les élèves de CE2 évalués pour cette première étude, ceux nés grands ou très grands prématurés se distinguent à la fois des témoins nés à terme et des enfants nés prématurés légers au regard de leurs performances en Simultané. Chez les élèves de CM2, les enfants nés avant 33 SA ont des scores inférieurs à ceux des témoins dans ce domaine. Dans les deux cas, les enfants nés prématurés légers ne se différencient pas des témoins nés à terme au regard de leurs performances à l'échelle Simultanée du K-ABC.

Il semble donc bien que les difficultés relevées dans les domaines visuo-spatial et visuo-moteur concernent essentiellement les enfants nés très précocement, en l'occurrence ceux nés avant 33 SA, grands ou très grands prématurés. En revanche, les enfants anciens prématurés légers d'âge scolaire ne se distinguent pas des témoins à ce niveau.

Concernant enfin les performances cognitives globales des enfants telles qu'appréhendées au travers de leurs scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites, les élèves de CE2 qui étaient nés avant 33 SA se distinguent non seulement des témoins nés à terme, mais aussi des enfants nés prématurés légers. Une différence significative est également relevée entre les scores des élèves de CM1 anciens grands prématurés et les témoins du même âge. Chez les enfants les plus âgés, scolarisés en classe de CM2, les enfants témoins nés à terme obtiennent des résultats supérieurs à ceux des enfants anciens prématurés, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. En revanche, les deux groupes d'enfants nés prématurément ne se distinguent pas entre eux.

Ainsi, parmi les élèves de CE2 rencontrés pour notre étude, les enfants nés prématurés légers se distinguent des enfants nés grands ou très grands prématurés au regard de leur niveau global d'efficience cognitive, mais non des témoins nés à terme. Le pattern « inverse » s'observe chez les enfants plus âgés élèves de CM2. Parmi ces enfants en effet, ceux nés prématurés légers réalisent des performances cognitives globales inférieures à celles des témoins nés à terme. En revanche, ils ne se différencient pas des enfants nés grands ou très grands prématurés à ce niveau. Ces résultats suggèrent que, chez les enfants prématurés légers, le niveau d'efficience cognitive diminue à mesure que les enfants avancent en âge. Les données fournies par le tableau 5.6.a confortent cette proposition. Si l'on considère la note moyenne obtenue en Processus Mentaux Composites par les élèves de CE2 anciens prématurés légers et la note obtenue par les enfants de même statut élèves de CM2, on observe une différence de 12 points, en défaveur des derniers. A l'inverse, les performances des enfants témoins nés à terme et celles des enfants nés grands ou très grands prématurés restent relativement constantes entre les deux âges.

L'ensemble de ces observations laisse à penser que les effets de la prématurité sur le fonctionnement cognitif pourraient se révéler d'autant plus tardivement que la prématurité est légère.

3.2.3. Analyses multivariées : principales variables influençant les scores aux échelles globales du K-ABC

Pour chaque niveau d'âge, nous nous intéressons à la liaison entre plusieurs variables susceptibles d'influer sur les performances cognitives des enfants nés à terme *vs* prématurés évalués pour cette étude et les notes globales aux échelles Séquentielle, Simultanée et des Processus Mentaux Composites du K-ABC.

Pour les élèves de CE2, de CM1 et pour ceux de CM2, trois analyses de régression linéaire multiple sont effectuées, avec chacun des scores obtenus aux échelles Séquentielle, Simultanée et PMC du K-ABC comme variables dépendantes, et le statut à la naissance, le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère comme variables indépendantes (ou explicatives)[117].

[117] Comme nous l'avons auparavant mentionné, la variable Age n'est pas entrée dans la régression en tant que nous travaillons ici sur des scores standardisés. Nous n'avons pas non plus tenu compte de la variable Bilinguisme. En effet, les résultats obtenus dans le cadre de l'étude Epipage n'ont pas fait apparaître d'effet significatif de ce facteur sur les performances des enfants d'âge préscolaire aux échelles du K-ABC.

Pour chacune des neuf analyses finalement réalisées, nous calculons tout d'abord le coefficient de détermination multiple R2, qui donne le pourcentage de la variation totale dans la variable dépendante expliquée par la droite de régression. Nous testons ensuite l'hypothèse Ho selon laquelle aucune des variables indépendantes n'apporte de contribution significative dans l'explication des fluctuations dans la variable dépendante. Enfin, nous précisons si la contribution marginale des différentes variables explicatives est ou non significative.

Afin de ne pas surcharger cette présentation, nous ne détaillons pas ici les résultats chiffrés ; les tableaux sont exposés en annexe (Annexes V.3).

♦ Chez les élèves de CE2 et quelle que soit la variable dépendante considérée, la régression est significative dans son ensemble. C'est ainsi le cas concernant l'échelle des Processus Mentaux Composites ($F = 8,05$; $p < 0,001$) – la droite de régression explique 44,1% de la variation totale dans la variable dépendante PMC -, l'échelle Séquentielle ($F = 4,00$; $p = 0,004$) - la droite de régression explique 28,2% de la variation totale -, et l'échelle Simultanée ($F = 6,83$; $p < 0,001$) - la droite de régression explique 40,1% de la variation totale -.

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Processus Mentaux Composites sont les variables Statut ($\beta = -0,53$; $t = -4,89$; $p < 0,001$) et Niveau d'Etudes de la Mère ($\beta = 0,34$; $t = 3,24$; $p = 0,002$).

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Séquentiel sont les variables Statut ($\beta = -0,30$; $t = -2,46$; $p = 0,017$), Niveau d'Etudes de la Mère ($\beta = 0,26$; $t = 2,21$; $p = 0,032$) et Hypotrophie ($\beta = -0,26$; $t = -2,07$; $p = 0,043$).

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Simultané sont les variables Statut ($\beta = -0,54$; $t = -4,82$; $p < 0,001$) et Niveau d'Etudes de la Mère ($\beta = 0,29$; $t = 2,70$; $p = 0,009$). La contribution marginale de la variable Sexe tend vers la significativité ($\beta = 0,20$; $t = 1,88$; $p = 0,066$).

♦ Chez les élèves de CM1 et pour ce qui confirme globalement les résultats des analyses univariées effectuées, la régression dans son ensemble n'est significative pour aucune des variables dépendantes prises en compte, soient les notes en Processus Mentaux Composites ($F = 0,78$; $p = 0,545$), en Séquentiel ($F = 0,85$; $p = 0,503$) et en Simultané ($F = 0,62$; $p = 0,648$).

♦ Chez les élèves de CM2, la régression est significative dans son ensemble pour deux des trois variables dépendantes considérées. C'est ainsi le cas en ce qui concerne les scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites ($F = 3,24$; $p = 0,028$) - la droite de régression explique 46,0% de la variation totale dans la variable dépendante - et ceux à l'échelle Séquentielle ($F = 3,52$; $p = 0,020$) - la droite de régression explique 48,1% de la variation totale -, mais non en ce qui concerne les scores à l'échelle Simultanée ($F = 1,71$; $p = 0,180$).

Seule la variable Statut apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites ($\beta = -0,59$; $t = -2,29$; $p = 0,033$). La contribution marginale de la variable Niveau d'Etudes de la Mère tend vers la significativité ($\beta = 0,31$; $t = 1,79$; $p = 0,089$).

Seule la variable Statut apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores en Séquentiel (β = -0,72 ; t = -2,82 ; p = 0,011).

Nous avons vu que, en ce qui concerne les élèves de CM1 rencontrés pour cette étude, aucune des variables explicatives considérées – à savoir : le statut à la naissance, le sexe, le caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance, le caractère unique ou multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère - n'apporte de contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC. Ainsi et comme d'autres variables pourtant considérées comme ayant un impact important sur le développement telles que le sexe ou le niveau d'études de la mère, le statut à la naissance n'a pas d'influence sur les performances cognitives des enfants de cette classe d'âge. Ces résultats, inattendus, s'opposent à ceux de nombreuses études. Selon nous, ils tiendraient en partie au manque de représentativité des différents groupes considérés d'enfants élèves de CM1, en particulier du groupe d'enfants témoins nés à terme. Dans celui-ci en effet, un nombre non négligeable d'enfants était considéré par leur professeur comme ayant des difficultés d'attention.

Chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2 en revanche, et pour chacune des variables dépendantes considérées (sauf une dans le cas des élèves de CM2), la régression est significative dans son ensemble. La variable dont l'influence est la plus importante sur les résultats des enfants au K-ABC est le statut à la naissance.

Pour ce qui concerne les enfants scolarisés en classe de CE2, le statut à la naissance et le niveau d'études de la mère apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores aux trois échelles de la batterie d'intelligence. Ces résultats appuient ceux obtenus dans le cadre de l'étude nationale Epipage. En ce qui concerne l'influence du niveau d'études de la mère sur les performances cognitives des enfants, ces observations vont également dans le sens des propositions émises par plusieurs auteurs (McCormick & al., 1990 ; Robertson & al. 1990).

Par ailleurs, le sexe apporte une contribution tendant vers la significativité dans l'explication des fluctuations des scores à l'échelle Simultanée. Chez les anciens prématurés, plusieurs auteurs – mais pas tous - ont fait état d'une « supériorité » des filles pour ce qui est des performances cognitives au cours de l'enfance (Huddy & al., 2001 ; Korkman & al., 1996 ; Yliherva & al., 2001). Les résultats obtenus dans le cadre de l'enquête nationale Epipage montrent des différences au niveau des performances cognitives entre les garçons et les filles chez les témoins mais non chez les enfants anciens prématurés. Sur la base de ces éléments, nous souhaitons déterminer si le sexe a une influence sur les performances en Simultané des élèves de CE2 rencontrés pour cette étude. Pour chacun des trois groupes d'enfants ici pris en compte, nous avons effectué un test t d'égalité des moyennes avec la variable Sexe comme critère de regroupement. Il apparaît que le sexe a un effet significatif sur les performances à l'échelle Simultanée chez les témoins nés à terme (t = -3,70 ; p = 0,001). Dans ce groupe, les garçons obtiennent en Simultané une note globale (moy. = 122,40) supérieure à celle des filles (moy. = 111,38). A l'inverse, la variable Sexe n'influe pas de façon significative sur les scores des enfants nés prématurés légers (t = -0,09 ; p = 0,926) et sur ceux des enfants nés grands ou très grands prématurés (t = 0,34 ; p = 0,734) à cette même échelle. Ces résultats n'appuient donc pas ceux des derniers auteurs cités ; ils permettent au contraire de conforter les observations réalisées sur la base des données issues de l'étude nationale Epipage.

Enfin, les performances en Séquentiel des élèves de CE2 que nous avons rencontrés apparaissent également différer selon que les enfants sont nés eutrophiques ou hypotrophes. A l'inverse, les données issues de l'étude Epipage n'avaient pas permis de mettre en évidence un effet significatif de la variable Hypotrophie sur les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle. Nous souhaitons donc préciser si, parmi les enfants scolarisés en CE2 évalués pour cette étude, ceux nés avec un faible poids compte tenu de la durée de la grossesse obtiennent en Séquentiel des scores plus faibles que les enfants nés avec un poids normal pour l'âge gestationnel. Nous avons donc cherché à déterminer, par le biais du test t et dans chacun des trois groupes d'enfants ici considérés, si la variable Hypotrophie a ou non un effet significatif sur les scores des enfants en Séquentiel. Toutefois, il n'a pas été possible d'effectuer ce test en ce qui concerne le groupe des enfants nés prématurés légers ; parmi ceux-ci en effet, seul un enfant était né hypotrophe. Au regard des résultats des analyses effectuées, il apparaît que la variable Hypotrophie influe de façon significative sur les performances en Séquentiel des enfants nés grands ou très grands prématurés ($t = 2,50$; $p = 0,021$), mais non sur les performances des témoins nés à terme ($t = 1,44$; $p = 0,165$). Parmi les enfants nés avant 33 SA, ceux nés eutrophiques obtiennent à l'échelle Séquentielle une note globale (moy. = 99,50) supérieure à ceux des enfants nés hypotrophes (moy. = 87,40). Ce dernier résultat irait dans le sens de l'hypothèse formulée par Robson et Cline (1998) selon lesquels l'hypotrophie à la naissance influe essentiellement sur les capacités d'attention des enfants plutôt que sur le fonctionnement cognitif en général, en tous cas à l'âge scolaire.

Pour ce qui concerne les enfants les plus âgés élèves de CM2, la variable Statut a une influence sur les performances à l'échelle Séquentielle et à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC. En revanche, le statut à la naissance n'apporte pas de contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores en Simultané. Compte tenu du fait que des problèmes moteurs et visuo-spatiaux ont été relevés de manière récurrente chez des anciens prématurés à l'âge scolaire mais aussi à l'adolescence (Allin & al., 2001 ; Hunt & al., 1988 ; Klein & al., 1989), ce résultat est surprenant.

Le niveau d'études de la mère apporte une contribution tendant vers la significativité dans l'explication des variations des scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC. Ce dernier résultat ne conforte pas ceux rapportés par plusieurs auteurs (Dittrichova & al., 1996 ; Fawer & al., 1995) qui ont trouvé que l'effet des variables bio-médicales diminue à mesure que l'enfant avance en âge, tandis que les influences en provenance de l'environnement se font plus fortes. Il tend à l'inverse à conforter les conclusions formulées par Taylor et al. (1998).

3.3. Performances des enfants aux subtests du K-ABC

Après avoir comparé les résultats obtenus par les différents groupes enfants établis en fonction de leur statut à la naissance aux échelles globales du K-ABC, nous nous intéressons à leurs performances aux subtests de cette batterie. Les analyses univariées font suite à celles descriptives.

3.3.1. Analyses descriptives

Nous présentons les scores moyens (et les écart-types qui leur sont associés) des différents groupes d'enfants aux subtests du K-ABC, et ce, pour chacun des trois niveaux d'âge (tableau 5.9).

Tableau 5.9 : Scores (moyenne ± écart-type) aux subtests du K-ABC en fonction du statut à la naissance, pour chacune des classes d'âge

CLASSE	CE2			CM1			CM2		
	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés légers	Grands ou très grands prématurés
N	23	15	23	15	9	14	15	5	9
	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type	Moyenne écart-type
Mouvements de Main	10,83 (1,80)	10,53 (2,80)	8,87 (2,18)	10,80 (1,82)	9,22 (2,99)	8,50 (3,13)	11,00 (1,77)	8,80 (1,30)	7,44 (3,21)
Reconnaissance de formes	12,04 (2,06)	11,07 (2,79)	9,13 (2,77)	9,53 (3,07)	11,22 (4,49)	9,86 (3,21)	10,73 (2,84)	8,80 (3,96)	9,33 (2,24)
Mémoire des Chiffres	11,70 (2,49)	9,80 (2,24)	10,00 (2,94)	9,93 (2,12)	10,22 (3,23)	9,14 (2,98)	12,20 (2,37)	9,60 (2,61)	11,56 (2,60)
Triangles	11,39 (2,04)	12,20 (1,90)	9,26 (2,65)	12,20 (1,66)	11,56 (2,01)	11,50 (1,83)	10,80 (1,78)	10,80 (2,28)	9,00 (2,78)
Suites de Mots	11,09 (2,07)	9,93 (1,71)	9,74 (1,81)	10,00 (1,56)	9,78 (3,15)	8,64 (2,84)	11,40 (1,72)	9,60 (2,61)	9,22 (1,99)
Matrices Analogiques	13,13 (2,74)	12,00 (3,55)	11,17 (2,15)	12,40 (2,23)	10,89 (3,14)	11,43 (2,24)	11,67 (1,23)	12,60 (1,67)	11,33 (2,00)
Mémoire Spatiale	11,70 (2,08)	11,53 (2,77)	9,39 (2,59)	11,53 (3,16)	10,67 (3,32)	10,00 (2,42)	11,27 (2,81)	7,60 (2,30)	7,89 (2,20)
Séries de Photos	12,30 (2,77)	13,53 (3,52)	9,83 (3,02)	12,20 (2,18)	12,11 (3,79)	10,86 (2,32)	11,67 (2,41)	10,60 (1,67)	9,67 (2,06)

Pour la majorité des épreuves proposées aux enfants, mais non pour toutes, les scores vont décroissants selon que les enfants sont nés à terme, prématurés légers ou grands prématurés. En revanche, les dispersions apparaissent relativement similaires dans les différents groupes.

3.3.2. Analyses univariées

Pour déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les performances des enfants aux subtests du K-ABC et compte tenu du faible effectif des différents groupes, nous utilisons le test de Kruskal-Wallis (tableau 5.10). Pour localiser les différences inter-groupes significatives, nous employons le test de Mann-Whitney (tableaux 5.11.a, 5.11.b et 5.11.c).

Tableau 5.10 : Performances des enfants aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis

		Mouv. de Main	Rec. de Formes	Mémoire Chiffres	Triangles	Suites de Mots	Matrices Analog.	Mémoire Spatiale	Séries de Photos
CE2	**A terme**	**11** 9-12	**12** 11-14	**11** 10-13	**11** 10-13	**11** 10-13	**12** 12-16	**11** 10-13	**13** 11-15
	Prématurés légers	**11** 9-12	**11** 10-13	**10** 8-12	**12** 11-14	**10** 9-11	**11** 9-16	**11** 10-14	**13** 11-16
	Grands ou très grands prématurés	**9** 8-10	**9** 7-12	**9** 8-12	**9** 7-11	**9** 9-11	**11** 10-12	**10** 8-11	**9** 7-12
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	**10,103** 2 **0,006**	**12,638** 2 **0,002**	**5,310** 2 *0,070*	**13,425** 2 **0,001**	**6,416** 2 **0,040**	**6,524** 2 **0,038**	**8,263** 2 **0,016**	**12,086** 2 **0,002**
CM1	**A terme**	**11** 9-12	**9** 6-12	**11** 8-12	**12** 11-14	**10** 9-11	**13** 10-14	**12** 10-15	**12** 10-14
	Prématurés légers	**9** 7-12	**12** 7,5-14,5	**9** 7,5-13	**11** 11-13	**7,5** 9-11	**9** 9-13,5	**10** 8-13,5	**11** 9,5-16
	Grands ou très grands prématurés	**9** 7-12	**9** 7-13	**9** 7-10	**12** 11-12	**9** 7-10	**11** 10-13	**10** 8-11	**10,5** 10-12,25
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	**5,001** 2 *0,082*	**0,866** 2 0,649	**1,271** 2 0,530	**2,339** 2 0,310	**3,482** 2 0,175	**3,474** 2 0,176	**1,888** 2 0,389	**1,705** 2 0,426
CM2	**A terme**	**11** 10-12	**12** 10-12	**13** 10-14	**11** 10-12	**12** 10-13	**12** 11-13	**11** 9-14	**11** 11-14
	Prématurés légers	**9** 7,5-10	**8** 5,5-12,5	**9** 7,5-12	**10** 9-13	**10** 7-12	**13** 11-14	**8** 5,5-9,5	**11** 9-12
	Grands ou très grands prématurés	**8** 4-10	**10** 7,5-11	**12** 9-13,5	**8** 6,5-12	**9** 7,5-11,5	**12** 9,5-13	**8** 6,5-10	**9** 8,5-11,5
	H de Kruskal-Wallis ddl **Sign.**	**9,588** 2 **0,008**	**3,065** 2 0,216	**3,377** 2 0,185	**2,586** 2 0,274	**6,514** 2 **0,038**	**2,112** 2 0,348	**9,213** 2 **0,010**	**6,318** 2 **0,042**

• Chez les élèves de CE2, l'effet du statut à la naissance tend vers la significativité en ce qui concerne les performances des enfants au subtest Mémoire des Chiffres ; il est significatif pour toutes les autres épreuves qui ont été proposées aux enfants.

• Chez les élèves de CM1, la variable Statut n'a d'effet sur les scores à aucun des subtests du K-ABC, hormis à Mouvements de Main où son influence tend vers la significativité.

• Enfin, chez les enfants scolarisés en classe de CM2, le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores des enfants à quatre épreuves : Mouvements de Main, Suites de Mots, Mémoire Spatiale et Séries de Photos.

Il apparaît ainsi, au regard des résultats présentés dans le tableau 5.10, que le statut à la naissance influe sur les performances des enfants les plus jeunes (élèves de CE2) dans l'ensemble des domaines appréhendés par les subtests du K-ABC.

Pour ce qui concerne les enfants plus âgés en revanche, l'effet de la variable Statut semble plus limité. Le fait qu'un enfant soit né à terme ou prématuré aurait une incidence sur les capacités de mémoire immédiate. Chez les élèves de CM2 en effet, le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores des enfants à trois des quatre épreuves de mémoire immédiate du K-ABC. Les subtests qui permettent de distinguer les enfants scolarisés en classe de CM2 selon leur statut à la naissance ont également pour point commun, en tous cas pour trois d'entre eux, d'impliquer les habiletés visuo-spatiales.

Les comparaisons inter-groupes par le U de Mann-Whitney permettent de préciser ces premières observations (tableaux 5.11.a, 5.11.b et 5.11.c).

Tableau 5.11.a : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CE2 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		**Terme / Grands ou Très Grands Prématurés**		**Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés**	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Mouvements de Main	169	0,916	129	**0,003**	96,5	**0,022**
Reconnaissance de Formes	130	0,198	109	**0,001**	105	**0,042**
Mémoire des Chiffres	108	*0,051*	176	**0,050**	168,5	0,904
Triangles	133,5	0,237	138	**0,005**	65	**0,001**
Suites de Mots	113	*0,070*	158	**0,018**	160,5	0,714
Matrices Analogiques	130	0,200	141,5	**0,006**	164,5	0,809
Mémoire Spatiale	169,5	0,928	146	**0,008**	100	**0,028**
Séries de Photos	143,5	0,382	137	**0,005**	73	**0,003**

Le tableau 5.11.a fournit les résultats des comparaisons inter-groupes réalisées par le biais du test de Mann-Whitney pour ce qui concerne les enfants scolarisés en CE2.

Parmi ces enfants, ceux nés grands ou très grands prématurés se distinguent des témoins nés à terme quant à leurs performances à l'ensemble des subtests du K-ABC qui leur ont été proposés. Ils se différencient aussi des enfants nés prématurés légers à cinq épreuves : Mouvements de Main, Reconnaissance de Formes, Triangles, Mémoire Spatiale et Séries de Photos. Toutes ces épreuves sont basées sur des informations visuelles et spatiales. Ces résultats confirment alors la vulnérabilité des enfants anciens grands prématurés dans ce domaine.

Par ailleurs, les différences entre les scores obtenus par les enfants nés prématurés légers et ceux des témoins tendent vers la significativité aux subtests Mémoire des Chiffres et

Suites de Mots. Comparés aux enfants nés à terme, les enfants nés prématurés légers pourraient ainsi présenter de plus faibles capacités de mémoire immédiate auditive ; en revanche, les enfants nés prématurés légers ne se différencient pas des témoins au regard de leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate visuelle.

Tableau 5.11.b : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CM1 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		**Terme / Grands ou Très Grands Prématurés**		**Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés**	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Mouvements de Main	47	0,216	59,5	**0,026**	57	0,528
Reconnaissance de Formes	53,5	0,398	99,5	0,586	58	0,568
Mémoire des Chiffres	67	0,976	85,5	0,259	56	0,488
Triangles	47,5	0,215	81,5	0,181	65	0,877
Suites de Mots	50	0,288	70	*0,074*	55,5	0,469
Matrices Analogiques	41	0,110	78,5	0,155	55	0,451
Mémoire Spatiale	55	0,451	78,5	0,151	76,5	1,000
Séries de Photos	66	0,927	74	0,163	52	0,481

Les résultats du test de Mann-Whitney appliqué aux élèves de CM1 (tableau 5.11.b) ne font apparaître que deux différences significative ou tendant vers la significativité. Toutes deux sont observées entre les enfants anciens grands ou très grands prématurés et les témoins nés à terme, à des épreuves de mémoire immédiate. La première concerne le subtest Mouvements de Main, basé sur des informations visuo-spatiales, la seconde l'épreuve Suites de Mots, qui requiert le rappel d'informations auditives.

Tableau 5.11.c : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		**Terme / Grands ou Très Grands Prématurés**		**Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés**	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Mouvements de Main	11,5	**0,021**	23,5	**0,008**	17	0,459
Reconnaissance de Formes	24	0,233	42	0,122	17,5	0,499
Mémoire des Chiffres	17	*0,071*	55,5	0,470	14	0,250
Triangles	36	0,894	42	0,122	14,5	0,278
Suites de Mots	21	0,143	27	**0,015**	20	0,734
Matrices Analogiques	22,5	0,179	67,5	1,000	13	0,194
Mémoire Spatiale	12	**0,025**	24	**0,009**	21	0,839
Séries de Photos	22,5	0,172	29	**0,019**	15	0,295

Parmi les élèves de CM2 (tableau 5.11.c), ceux nés grands ou très grands prématurés réalisent des performances inférieures à celles des témoins aux subtests Mouvements de Main, Suites de Mots, Mémoire Spatiale et Séries de Photos. Trois de ces épreuves se basent sur des informations de nature visuo-spatiale. Aux deux épreuves de mémoire immédiate visuelle (Mouvements de Main et Mémoire Spatiale), les enfants nés prématurés légers se distinguent également des témoins. C'est aussi le cas, dans une moindre mesure, à l'épreuve Mémoire des Chiffres. Ces résultats n'appuient donc pas ceux observés chez les élèves de CE2. Parmi ces derniers en effet, les enfants anciens prématurés légers ne se différenciaient des témoins que sur la base de leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate auditive, mais non dans celles impliquant le rappel d'informations visuelles.

Enfin, chez ces enfants les plus âgés comme d'ailleurs chez les élèves de CM1, les anciens grands prématurés ne se distinguent des enfants nés prématurés légers à aucun des subtests du K-ABC.

3.3.3. Conclusion

Pour conclure cette partie, l'ensemble des résultats présentés jusqu'à présent relatifs aux performances des enfants nés à terme *vs* prématurés au K-ABC permet d'établir un certain nombre d'allégations. Pour la plupart d'entre elles, celles-ci confirment les données de la littérature.

Tout d'abord, nous avions émis quelques hypothèses en ce qui concerne les performances des enfants nés à terme *vs* prématurés à l'échelle Séquentielle de la batterie K-ABC, dont les épreuves permettent d'évaluer les capacités de mémoire immédiate visuelle et auditive.

Parce que certains auteurs ont fait état de troubles de l'attention chez des enfants anciens prématurés légers (Huddy & al., 2001 ; Jennische & Sedin, 2001), nous nous attendions à ce que ceux-ci obtiennent en Séquentiel des scores significativement inférieurs à ceux des témoins. Chez les enfants d'âge préscolaire évalués dans le cadre de l'étude nationale Epipage, la différence de 6 points entre la note moyenne obtenue par les enfants témoins à l'échelle Séquentielle et celle des enfants nés prématurés légers n'est pas significative. Un écart du même ordre – d'environ 7 points - est observé entre les deux mêmes groupes (témoins et prématurés légers) chez les élèves de CE2 que nous avons rencontrés pour notre première étude. Cette différence n'est pas non plus significative. Chez les enfants scolarisés en classe de CM2 en revanche, la différence de 14 points entre la note moyenne des témoins en Séquentiel et celle obtenue par les enfants nés prématurés légers est significative. *Ainsi, chez les enfants nés prématurés légers, les difficultés attentionnelles à l'origine des moindres performances dans les épreuves de mémoire immédiate pourraient se révéler relativement tardivement, et ainsi n'apparaître que vers la fin du primaire.*

Par ailleurs, à tous les âges considérés entre 5 et 10 ans, les enfants anciens grands ou très grands prématurés réalisent des performances inférieures à celles des témoins aux subtests de l'échelle Séquentielle du K-ABC. Cette dernière observation appuie les résultats de plusieurs auteurs qui ont fait état de troubles de l'attention chez les enfants nés avant 33 SA, à l'âge préscolaire et scolaire (voir notamment Wolke, 1998). En revanche, l'ensemble des résultats présentés jusqu'à présent relatifs aux performances des enfants à l'échelle Séquentielle ne vont pas dans le sens des conclusions formulées par Hack et al. (1994) ou Klebanov et al. (1994) selon lesquelles les difficultés d'attention sont d'autant plus importantes que la prématurité est sévère. A tous les âges en effet, les comparaisons *post hoc*

n'ont pas fait apparaître d'écart significatif entre les différents groupes d'enfants nés prématurément quant à leurs notes globales en Séquentiel.

Nous avons enfin mentionné que les troubles de l'attention affectent essentiellement, chez les élèves de CE2 rencontrés pour notre étude, les performances des enfants nés prématurés légers dans les épreuves impliquant le rappel d'informations auditives. A l'inverse, les enfants anciens prématurés légers scolarisés en CM2 réalisent de plus faibles performances dans les épreuves de mémoire immédiate visuelle, en comparaison avec des témoins nés à terme. De fait, la nature des stimuli à rappeler (auditive *vs* visuelle) n'aurait pas d'incidence sur les performances des enfants. En d'autres termes et pour ce qui confirme les résultats rapportés par Dammann et al. (1996), il semble bien que les enfants nés prématurément obtiennent de plus faibles scores que les témoins dans les épreuves de mémoire immédiate, quelle que soit la nature des stimuli à rappeler.

Nous avions également plusieurs « attentes » concernant les performances des enfants à l'échelle Simultanée, qui évalue certaines habiletés impliquées dans la résolution des problèmes basés sur des informations visuelles et spatiales.

Nous avions émis l'hypothèse selon laquelle seuls les enfants nés grands ou très grands prématurés devraient se distinguer des témoins à ce niveau, du fait de troubles moteurs, visuo-spatiaux et visuo-moteurs. Parce que les troubles évoqués sont plus rarement observés chez les enfants nés prématurés légers, nous ne nous attendions pas à ce que ces enfants obtiennent en Simultané des scores significativement inférieurs à ceux des témoins. La première hypothèse formulée se trouve vérifiée ; à tous les âges, les enfants nés avant 33 SA réalisent des performances inférieures à celles des témoins nés à terme. Toutefois, les résultats obtenus dans le cadre de l'enquête Epipage ont également fait apparaître une différence significative entre la note moyenne des témoins et celle obtenue par les enfants nés prématurés légers, en défaveur des derniers. Si ces résultats sont, comme nous l'avons vu, à nuancer, les enfants anciens prématurés légers pourraient éprouver certaines gênes dans le domaine visuo-spatial, à l'âge préscolaire. Chez les enfants d'âge scolaire rencontrés pour notre seconde étude en revanche et quelle que soit la classe d'âge considérée (CE2, CM1 ou CM2), les anciens prématurés légers ne se distinguent pas des témoins quant à leurs performances à l'échelle Simultanée. Ces résultats pourraient suggérer une résorption des difficultés mineures observées dans le domaine visuo-spatial dans le groupe des enfants nés prématurés légers à mesure que ceux-ci avancent en âge. Néanmoins, ils confirment surtout le fait que les troubles moteurs et visuo-spatiaux évoqués à maintes reprises concernent essentiellement les enfants nés avant 33 SA, anciens grands ou très grands prématurés.

3.4. Performances des enfants aux épreuves d'inhibition

Nous nous sommes intéressés dans un premier temps aux performances cognitives « globales » d'enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire. Dans un second temps et afin de confirmer les résultats d'études récentes relatives au fonctionnement exécutif des enfants nés prématurément, nous avons proposé aux enfants rencontrés dans le cadre de notre étude plusieurs épreuves supposées avoir pour point commun d'impliquer un contrôle inhibiteur.

Nous comparons ainsi les performances des différents groupes d'enfants établis selon le statut à la naissance à ces épreuves d' « inhibition ». La seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC et l'épreuve des Gestes Contraires permettraient l'évaluation de la

« résistance à la distraction » ; selon nous cependant, ces deux épreuves feraient intervenir des fonctions inhibitrices distinctes. Outre les processus d'inhibition, les épreuves de fluence verbale sont considérées comme impliquant la flexibilité cognitive, et la Tour de Londres comme mettant en jeu les capacités de planification. Enfin, l'épreuve d'empan à l'envers constitue une mesure classique de l'efficience de la mémoire de travail.

3.4.1. Analyses descriptives

Nous présentons dans le tableau 5.12, pour chacun des niveaux d'âge (CE2, CM1 et CM2), les moyennes et les écart-types relatifs aux scores bruts des différents groupes d'enfants aux épreuves d'« inhibition ».

Tableau 5.12 : Scores bruts (moyenne et écart-type) des enfants aux épreuves d'inhibition, en fonction du statut à la naissance et pour chacune des classes d'âge

CLASSE	**CE2**			**CM1**			**CM2**		
	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés Légers	Grands ou très grands prématurés	Terme	Prématurés légers	Grands ou très grands prématurés
N	23	15	23	15	9	15	15	5	9
	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type	Moyenne Ecart-type
Suites de Mots 2° partie Nb séquences rappelées	3,09 (1,24)	2,13 (0,92)	1,65 (1,40)	2,73 (1,10)	2,56 (1,94)	2,07 (1,22)	4,00 (1,13)	3,25 (1,89)	2,33 (1,12)
Gestes Contraires Nb réussites	9,95 (0,21)	9,80 (0,56)	9,48 (0,85)	10.00 (0,00)	9,89 (0,33)	9,73 (0,46)	9,93 (0,26)	9,80 (0,45)	9,89 (0,33)
Fluence catégorielle Nb de mots produits	20,71 (5,07)	19,73 (6,13)	15,26 (4,16)	18,40 (5,25)	22,44 (4,88)	18,71 (5,36)	25,73 (8,06)	20,50 (4,80)	18,22 (6,65)
Fluence phonologique Nb de mots produits	6,90 (3,34)	8,53 (3,23)	5,22 (2,47)	8,47 (3,27)	9,89 (3,33)	7,73 (4,45)	13,00 (4,23)	9,50 (5,26)	9,44 (4,45)
Empan à l'envers Nb séquences rappelées	4,62 (1,24)	3,93 (1,10)	3,48 (1,12)	4,73 (0,88)	4,33 (0,87)	3,87 (1,51)	6,33 (1,29)	4,80 (0,45)	5,11 (1,76)
Tour de Londres Nb modèles 1° essai	8,19 (1,40)	7,80 (1,40)	6,65 (1,76)	8,50 (1,79)	7,88 (2,17)	8,42 (1,44)	9,47 (1,36)	6,75 (1,50)	7,00 (1,51)
Tour de Londres Nb essais total	17,33 (1,93)	19,20 (2,94)	22,30 (3,54)	17.71 (4.66)	18,13 (3,68)	17,92 (3,18)	15,13 (1,88)	19,75 (1,71)	20,38 (2,45)

Brièvement, les résultats présentés dans le tableau 5.12 permettent de constater que les performances des enfants témoins nés à terme aux épreuves d'inhibition, et donc l'efficience inhibitrice, s'améliorent avec l'âge. Cela s'observe surtout lorsque l'on compare les scores bruts moyens des élèves de CE2 avec ceux des élèves de CM2. En revanche, l'interprétation des performances réalisées par les enfants scolarisés en classe de CM1 nous paraît moins

aisée. En effet, plusieurs enfants nés à terme élèves de CM1 rencontrés pour cette étude étaient considérés par leur professeur comme présentant des difficultés d'attention. Nos résultats tendraient à le confirmer.

3.4.2. Analyses univariées

Le test de Kruskal-Wallis permet de déterminer si le statut à la naissance a une influence significative ou non sur les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition » (tableau 5.13), celui de Mann-Whitney de localiser les éventuelles différences par la comparaison des groupes pris deux à deux (tableaux 5.14.a, 5.14.b et 5.14.c).

Tableau 5.13 : Performances des enfants aux épreuves d'inhibition : comparaison par le test de Kruskal-Wallis

		Suites De Mots Nb seq. rappelées	Gestes Contraires Nb réussites	Fluence Catégor. Nb mots produits	Fluence Phonol. Nb mots produits	Empan à l'envers Nb séq Rappelées	Tour de Londres Nb mod 1° essai	Tour de Londres Nb essais total
CE2	**A terme**	**3** 2-4	**10** 10-10	**20** 16,50-23,50	**6,50** 4-9,75	**5** 4-5	**9** 7-9	**18** 16-18,50
	Prématurés légers	**2** 1-3	**10** 10-10	**21** 17-26	**9** 6-11	**4** 4-4	**7,50** 6,75-9	**19,50** 16-22,25
	Grands ou très grands prématurés	**1** 0-3	**10** 9-10	**15** 13-19	**5** 3-7	**4** 2-4	**6,50** 5-8	**21,50** 19,25-24,75
	H de K-W ddl **Sign.**	**12,111** 2 **0,002**	**7,182** 2 **0,028**	**12,049** 2 **0,002**	**8,887** 2 **0,012**	**9,241** 2 **0,010**	**8,112** 2 **0,017**	**20,536** 2 **< 0,001**
CM1	**A terme**	**3** 2-3	**10** 10-10	**18** 13-23	**8** 6-11	**4** 4-6	**8** 7-10	**17,50** 14,75-19,25
	Prématurés légers	**2** 1-3,50	**10** 10-10	**23** 19,50-24,50	**10** 7,50-12,50	**4** 4-5	**7,50** 6,25-10,25	**18,50** 14-21
	Grands ou très grands prématurés	**2** 1-3	**10** 9-10	**19,50** 14-23	**6** 4-10	**4** 3-4	**8,50** 7-10	**17,50** 15-20,75
	H de K-W ddl **Sign.**	**1,915** 2 0,384	**4,679** 2 *0,096*	**4,092** 2 0,129	**2,675** 2 0,263	**4,927** 2 *0,085*	**0,716** 2 0,699	**0,544** 2 0,762
CM2	**A terme**	**4** 3-5	**10** 10-10	**23** 20-31	**13** 11-15	**6** 5-8	**10** 8-10	**15** 14-17
	Prématurés légers	**2,50** 2-5,25	**10** 9,50-10	**21,50** 15,50-24,50	**10** 4,50-14	**5** 4,50-5	**6** 6-8,25	**19,50** 18,25-21,50
	Grands ou très grands prématurés	**2** 1,50-3,50	**10** 10-10	**19** 12,50-22	**8** 6-14,50	**4** 4-7	**6,50** 6-8,75	**21** 18,50-21,75
	H de K-W ddl **Sign.**	**8,302** 2 **0,016**	**0,702** 2 0,704	**5,246** 2 *0,073*	**2,933** 2 0,231	**6,534** 2 **0,038**	**12,253** 2 **0,002**	**16,367** 2 **< 0,001**

♦ Chez les élèves de CE2, l'effet du statut à la naissance est significatif quelle que soit la variable dépendante considérée. Ainsi, à toutes les épreuves d'inhibition, les performances des enfants diffèrent selon qu'ils sont nés à terme, prématurés légers ou grands ou très grands prématurés.

♦ Chez les élèves de CM1, l'effet de la variable Statut est limité : il tend vers la significativité en ce qui concerne le nombre de réussites à l'épreuve des Gestes Contraires et le nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers.

♦ Chez les élèves de CM2, l'effet du statut à la naissance est significatif pour quatre des sept variables dépendantes ici considérées. La variable Statut a ainsi une influence significative sur le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC d'une part, à l'épreuve d'empan à l'envers d'autre part ; il affecte également les performances des enfants à l'épreuve de la Tour de Londres, et ce, aussi bien le nombre de modèles réussis au premier essai que le nombre total d'essais requis pour réussir les douze modèles de l'épreuve. Par ailleurs et chez ces mêmes enfants, l'effet de la variable Statut tend vers la significativité en ce qui concerne le nombre de mots produits dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle.

Au regard des résultats fournis par le tableau 5.13, il apparaît que le statut à la naissance influe fortement sur les performances aux épreuves d'inhibition des enfants les plus jeunes évalués dans le cadre de notre seconde étude. Chez les élèves de CM2, l'effet de ce facteur est un peu plus limité. En revanche, les performances des élèves de CM1 que nous avons rencontrés diffèrent peu selon que les enfants sont nés à terme, prématurés légers ou grands prématurés. Au regard de la remarque émise par le professeur de la classe témoin de CM1, les résultats obtenus pour ce niveau d'âge demandent à être confirmés.

Nous précisons ces observations en recherchant, par le test de Mann-Whitney, les différences inter-groupes significatives à l'intérieur de chacune des classes d'âge (tableaux 5.14.a, 5.14.b et 5.14.c).

Tableau 5.14.a : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CE2 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Suites de Mots 2° partie Nb séquences rappelées	95	**0,017**	122	**0,001**	131,5	0,209
Gestes Contraires Nb réussites	150	0,327	175	**0,011**	136	0,158
Fluence catégorielle Nb de mots produits	150	0,809	99	**0,001**	94	**0,019**
Fluence phonologique Nb de mots produits	108	0,159	168	0,129	72,5	**0,003**
Empan à l'envers Nb séquences rappelées	104	*0,070*	122,5	**0,004**	133,5	0,222
Tour de Londres Nb modèles 1° essai	88	0,454	106,5	**0,006**	63	*0,098*
Tour de Londres Nb essais total	65	*0,088*	39,5	**< 0,001**	52,5	**0,035**

Parmi les enfants scolarisés en classe de CE2 rencontrés pour cette première étude (tableau 5.14.a), les témoins nés à terme se distinguent des enfants nés prématurés légers ou grands ou très grands prématurés quant à leurs performances dans la seconde partie du subtest Suites de Mots de la batterie K-ABC. C'est aussi le cas concernant le nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers et le nombre total d'essais requis à la Tour de Londres. Dans ces deux derniers cas néanmoins, les différences entre les scores des enfants témoins et ceux des enfants nés prématurés légers tendent vers la significativité. Les témoins réalisent aussi de meilleures performances que les enfants nés avant 33 SA à l'épreuve des Gestes Contraires, dans la tâche de fluence catégorielle (mais non dans celle de fluence phonologique) et à la Tour de Londres. Comparés aux enfants nés prématurés légers, ceux nés grands ou très grands prématurés produisent moins de mots dans les épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique. Ils réalisent également de moins bonnes performances à la Tour de Londres.

Tableau 5.14.b : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CM1 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Suites de Mots 2° partie Nb séquences rappelées	52	0,341	82	0,187	64,5	0,854
Gestes Contraires Nb réussites	60	0,197	82,5	**0,035**	57	0,374
Fluence catégorielle Nb de mots produits	34	**0,045**	93	0,599	40	0,144
Fluence phonologique Nb de mots produits	51	0,323	90	0,347	42,5	0,134
Empan à l'envers Nb séquences rappelées	52	0,309	65	**0,037**	48,5	0,231
Tour de Londres Nb modèles 1° essai	44	0,405	84	1,000	39,5	0,505
Tour de Londres Nb essais total	46,5	0,515	73	0,569	46	0,876

En ce qui concerne les élèves de CM1 (tableau 5.14.b), les enfants nés prématurés légers produisent un plus grand nombre de mots que les témoins nés à terme dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle. Les enfants nés à terme réalisent de meilleures performances que les anciens grands ou très grands prématurés dans l'épreuve des Gestes Contraires et dans celle d'empan à l'envers. Aucune des variables dépendantes prises en compte ne permet de différencier les enfants anciens prématurés en fonction de la sévérité de la prématurité.

Tableau 5.14.c : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Suites de Mots 2° partie Nb séquences rappelées	19	0,258	20,5	**0,004**	12,5	0,370
Gestes Contraires Nb réussites	32,5	0,402	64,5	0,709	20,5	0,661
Fluence catégorielle Nb de mots produits	19,5	0,292	31	**0,029**	12	0,353
Fluence phonologique Nb de mots produits	20	0,315	40,5	0,106	15,5	0,697
Empan à l'envers Nb séquences rappelées	10,5	**0,015**	37,5	*0,069*	20	0,727
Tour de Londres Nb modèles 1° essai	5,5	**0,013**	14	**0,003**	14,5	0,784
Tour de Londres Nb essais total	1,5	**0,004**	6	**< 0,001**	12,5	0,547

Pour ce qui concerne enfin les élèves de CM2, les témoins nés à terme réalisent de meilleures performances à l'épreuve d'empan à l'envers et à la Tour de Londres que les enfants nés prématurément, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité[118]. Comparés aux anciens grands ou très grands prématurés, les témoins rappellent également un nombre plus important de séquences dans la seconde partie de Suites de Mots, et fournissent davantage de noms d'animaux dans la tâche de fluence catégorielle. Une fois encore, les performances des enfants nés grands ou très grands prématurés ne diffèrent de celles des enfants nés prématurés légers à aucune des épreuves qui leur ont été proposées.

3.4.3. Performances des enfants nés à terme *vs* prématurés aux épreuves d'inhibition : conclusion

Nous tentons de résumer les résultats qui viennent d'être présentés concernant les performances des enfants nés à terme *vs* prématurés aux épreuves d' « inhibition » qui leur ont été proposées, de manière générale et en ne considérant que les performances des enfants des classes de CE2 et de CM2.

Chez les élèves de CE2 et en comparaison avec les enfants témoins nés à terme, les enfants nés prématurés légers réalisent de plus faibles performances dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC, à l'épreuve d'empan à l'envers et à la Tour de Londres. Toujours comparés aux témoins, les anciens grands ou très grands prématurés obtiennent de plus faibles scores à ces mêmes épreuves, ainsi qu'à l'épreuve des Gestes Contraires et à celle de fluence verbale catégorielle. Enfin, les enfants nés grands ou très grands prématurés réalisent de moins bonnes performances que les enfants nés prématurés légers aux deux épreuves de fluence verbale – catégorielle et phonologique - et à la Tour de Londres.

Chez les élèves de CM2, les enfants nés prématurés légers ont des scores inférieurs à ceux des témoins à l'épreuve d'empan à l'envers et à la Tour de Londres. C'est aussi le cas des enfants nés grands ou très grands prématurés, qui se distinguent également des témoins quant à leurs scores au subtest Suites de Mots et à l'épreuve de fluence catégorielle. Chez ces élèves les plus âgés en revanche, les deux groupes d'enfants anciens prématurés ne se distinguent entre eux à aucune des épreuves d'inhibition auxquelles ils ont répondu.

Ainsi, il n'est pas possible d'affirmer sur la base de nos résultats que les performances des enfants nés avant terme aux épreuves impliquant un contrôle inhibiteur sont d'autant plus faibles que la prématurité est sévère. Cette dernière observation, comme d'ailleurs les résultats à l'échelle Séquentielle du K-ABC des enfants rencontrés pour Epipage d'une part, pour cette étude d'autre part, pourraient également suggérer une « diminution » des performances attentionnelles des enfants nés prématurés légers avec l'avancée en âge. Les données présentées dans le tableau 5.12 permettent effectivement de constater que, chez les enfants anciens prématurés légers, l'augmentation des scores bruts entre le CE2 et le CM2 est beaucoup plus faible en comparaison avec l'accroissement des scores observé chez les enfants témoins et chez les enfants nés grands ou très grands prématurés. A l'épreuve de fluence

[118] La différence au niveau du nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers entre les témoins nés à terme et les enfants nés avant 33 SA tend vers la significativité.

verbale catégorielle par exemple, les témoins élèves de CM2 produisent en moyenne 5 mots de plus que les enfants de même statut à la naissance élève de CE2. Chez les enfants nés prématurés légers, la différence entre les deux âges est cinq fois plus faible. Toutefois, compte tenu du très faible effectif du groupe des enfants nés prématurés légers élèves de CM2, cette proposition demande à être éprouvée.

Par ailleurs, nous nous attendions à observer des différences entre les enfants nés à terme et ceux nés prématurément à l'épreuve de fluence verbale phonologique, considérée comme plus complexe que l'épreuve de fluence catégorielle. Cela ne fut le cas ni chez les élèves de CE2, ni chez ceux de CM2. Si elle doit être confirmée, cette observation ne va pas dans le sens de difficultés d'autant plus grandes que la tâche est complexe – *i.e.,* exigeante en termes de traitement cognitif - chez les enfants anciens prématurés. Elle n'appuie pas non plus les résultats de Wolke et al. (2004 ; voir aussi Jennische & Sedin, 1999 ; Yliherva & al., 2001), qui ont fait état de capacités de traitement phonologique plus faibles chez des enfants nés très grands prématurés comparés à des témoins.

Qu'ils soient donc scolarisés en classe de CE2 ou en CM2, les anciens grands prématurés – et dans une moindre mesure les enfants nés prématurés légers - réalisent de plus faibles performances que les témoins à plusieurs épreuves exécutives. Si celles-ci sont supposées avoir en commun de mettre en jeu l'inhibition, elles impliquent également d'autres processus tels que la mémoire de travail, la planification et la flexibilité cognitive, entre autres. Ces résultats confortent ceux de plusieurs auteurs qui se sont intéressés au fonctionnement exécutif d'enfants anciens prématurés d'âge scolaire (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Luciana & al., 1999 ; Mellier & al., 1999 ; Willatts & al., 1994).

Outre le statut à la naissance, plusieurs variables pourraient influer sur l'efficience inhibitrice ; nous allons nous intéresser à quelques-unes d'entre elles.

3.4.4. Principales variables influençant les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition »

Pour chacune des trois classes d'âge considérées, nous effectuons des analyses en régression multiple afin de déterminer les principales variables ayant une influence sur les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition » - supposées impliquer un contrôle inhibiteur -.

Dans tous les cas, les variables explicatives rentrées dans l'équation sont : le statut à la naissance, l'âge en mois, le sexe de l'enfant, le caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance, le caractère singulier ou multiple de la grossesse, le niveau d'études de la mère et le fait ou non pour un enfant d'être bilingue. Les variables dépendantes sont les scores bruts des enfants aux épreuves d'« inhibition », à savoir, successivement : le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie de Suites de Mots, le nombre de réussites dans la partie Conflit de l'épreuve des Gestes Contraires, le nombre de mots produits dans la tâche de fluence catégorielle puis dans celle de fluence phonologique, le nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers, le nombre de modèles réussis au premier essai à la Tour de Londres et le nombre total d'essais requis pour compléter les douze modèles de cette épreuve.

Les résultats sont détaillés en annexe (Annexes V.4).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC, la régression dans son ensemble tend vers la significativité chez les élèves de CE2 ($R2 = 0,256$; $F = 1,91$; $p = 0,093$) ; elle est significative chez les élèves de CM2 ($R2 = 0,538$; $F = 2,91$; $p = 0,044$). Chez les élèves de CM1 à l'inverse, la régression est non significative dans son ensemble ($R2 = 0,101$; $F = 0,47$; $p = 0,825$).

Seule la variable Statut apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores chez les élèves de CE2 ($\beta = -0,367$; $t = -2,42$; $p = 0,020$) et chez ceux de CM2 ($\beta = -1,008$; $t = -3,52$; $p = 0,003$).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de réussites dans la partie Conflit de l'épreuve d'attention sélective motrice dite des « gestes contraires », la régression est significative dans son ensemble pour les enfants les plus jeunes élèves de CE2 ($R2 = 0,369$; $F = 3,26$; $p = 0,008$), mais non pour les élèves de CM1 ($R2 = 0,200$; $F = 1,04$; $p = 0,424$) ou ceux de CM2 ($R2 = 0,301$; $F = 1,08$; $p = 0,419$).

Chez les enfants scolarisés en CE2, les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores sont les variables Bilinguisme ($\beta = -0,369$; $t = -2,60$; $p = 0,013$), Statut ($\beta = -0,301$; $t = -2,15$; $p = 0,037$) et Hypotrophie ($\beta = -0,275$; $t = -2,09$; $p = 0,043$).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de noms d'animaux produits dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle, la régression dans son ensemble est significative chez les élèves de CE2 ($R2 = 0,316$; $F = 2,58$; $p = 0,028$), et tend vers la significativité chez les élèves de CM2 ($R2 = 0,492$; $F = 2,42$; $p = 0,077$). Chez les élèves de CM1 à l'inverse, la régression est non significative dans son ensemble ($R2 = 0,111$; $F = 0,52$; $p = 0,788$).

En ce qui concerne les enfants scolarisés en classe de CE2, seule la variable Statut apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations des scores ($\beta = -0,360$; $t = -2,47$; $p = 0,018$). Chez les élèves de CM2, seule la contribution de la variable Niveau d'Etudes de la Mère est significative ($\beta = 0,453$; $t = 2,32$; $p = 0,035$).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de mots commençant par la lettre « M » fournis dans l'épreuve de fluence verbale phonologique, la régression n'est significative pour aucune des classes d'âge considérées. C'est ainsi le cas en ce qui concerne les élèves de CE2 ($R2 = 0,227$; $F = 1,63$; $p = 0,155$), ceux de CM1 ($R2 = 0,130$; $F = 0,62$; $p = 0,711$) et ceux de CM2 ($R2 = 0,371$; $F = 1,47$; $p = 0,253$).

Chez les enfants scolarisés en classe de CM2 néanmoins, la contribution marginale de la variable Age dans l'explication des fluctuations des scores tend vers la significativité ($\beta = -0,441$; $t = -1,81$; $p = 0,091$).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers, la régression dans son ensemble n'est pas significative pour les élèves de CE2 ($R2 = 0,199$; $F = 1,38$; $p = 0,240$) et ceux de CM2 ($R2 = 0,355$; $F = 1,38$; $p = 0,285$). Chez les enfants scolarisés en classe de CE2 toutefois, la contribution marginale de la variable Statut dans l'explication des fluctuations des scores est significative ($\beta = -0,431$; $t = -2,73$; $p = 0,009$).

Concernant les enfants scolarisés en CM1, la régression est significative dans son ensemble ($R2 = 0,400$; $F = 2,78$; $p = 0,033$). La contribution marginale de la variable Sexe

est significative (β = -0,404 ; t = -2,33 ; p = 0,028), celle du Statut tend vers la significativité (β = -0,389 ; t = -1,91 ; p = 0,067).

♦ Pour ce qui concerne le nombre de modèles de la Tour de Londres réussis au premier essai, la régression est significative pour les élèves de CE2 (R2 = 0,329 ; F = 2,73 ; p = 0,021) ; elle est non significative pour les élèves de CM1 (R2 = 0,105 ; F = 0,49 ; p = 0,812) et ceux de CM2 (R2 = 0,406 ; F = 1,71 ; p = 0,188).

Chez les enfants les plus jeunes élèves de CE2, les contributions marginales des variables Statut (β = -0,440 ; t = -3,05 ; p = 0,004) et Bilinguisme (β = 0,297 ; t = 2,03 ; p = 0,049) sont significatives, la contribution de la variable Sexe tend vers la significativité (β = -0,263 ; t = -1,95 ; p = 0,059).

♦ Enfin pour ce qui concerne le nombre d'essais total requis pour reproduire l'ensemble des modèles de la Tour de Londres, la régression est significative pour les élèves de CE2 (R2 = 0,510 ; F = 5,79 ; p < 0,001) et ceux de CM2 (R2 = 0,581 ; F = 3,47 ; p = 0,024), mais non pour les élèves de CM1 (R2 = 0,170 ; F = 0,85 ; p = 0,541).

Seul le statut à la naissance apporte une contribution significative dans l'explication des variations observées au niveau des scores chez les élèves de CE2 (β = 0,644 ; t = 5,22 ; p < 0,001) et chez ceux de CM2 (β = 0,597 ; t = 2,19 ; p = 0,045). Chez les élèves de CE2, les contributions des variables Sexe (β = 0,231 ; t = -2,00 ; p = 0,052) et Bilinguisme (β = -0,231 ; t = -1,85 ; p = 0,072) tendent également vers la significativité.

Le tableau 5.15 permet de « résumer » les résultats qui viennent d'être présentés.

Nous ne considérons pas ici les résultats obtenus qui concernent les élèves de CM1, souvent non probants mais que nous jugeons sujets à caution.

Tableau 5.15 : Variables ayant une influence – significative ou tendant vers la significativité - sur les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition », chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2

EPREUVES	CLASSES CONCERNEES	VARIABLES AYANT UNE INFLUENCE
2° partie Suites de Mots : nombre de séquences rappelées	CE2	Statut
	CM2	Statut
Epreuve des Gestes Contraires : nombre de réussites dans la partie Conflit	CE2	Bilinguisme Statut Hypotrophie
Epreuve de fluence verbale catégorielle : nombre de mots produits	CE2	Statut
	CM2	Niveau d'Etudes de la Mère
Epreuve d'empan à l'envers : nombre de séquences rappelées	CE2	Statut
Tour de Londres : nombre de modèles réussis au 1° essai	CE2	Statut Bilinguisme Sexe
Tour de Londres : nombre d'essais total	CE2	Statut Sexe Bilinguisme
	CM2	Statut

Nous obtenons ici un pattern relativement hétérogène de résultats. Ainsi, il apparaît que la régression comprenant les variables explicatives Statut, Age, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Bilinguisme n'est pas significative pour l'ensemble des variables dépendantes considérées, à savoir les performances exprimées en scores bruts des enfants dans les épreuves supposées évaluer l'inhibition. Et lorsque chez les élèves d'une classe d'âge la régression est significative en ce qui concerne une variable dépendante donnée, elle ne l'est pas forcément pour les enfants scolarisés dans les autres classes.

Dans les cas où la régression est significative néanmoins, la variable Statut apporte généralement – en l'occurrence, dans tous les cas hormis chez les élèves de CM2 en ce qui concerne l'épreuve de fluence catégorielle - une contribution signifiante dans l'explication des fluctuations observées au niveau des scores aux épreuves d'inhibition. Quelques autres variables ont également une influence à ce niveau : le Bilinguisme, le Sexe et l'Hypotrophie.

Le fait pour un enfant d'être ou non bilingue a une incidence uniquement chez les élèves de CE2, à l'épreuve des Gestes Contraires et à la Tour de Londres. Selon nous et nous tenterons de préciser ce point dans le chapitre suivant, ces deux épreuves impliqueraient la fonction inhibitrice de restriction de l'accès à des réponses prédominantes.

Chez les enfants les plus jeunes élèves de CE2, le sexe a également une influence sur les performances des enfants à la Tour de Londres, et l'hypotrophie à la naissance sur leurs performances dans l'épreuve des Gestes Contraires.

Enfin, le niveau d'études de la mère a un effet limité : cette variable n'influe que sur les performances des élèves de CM2 à l'épreuve de fluence verbale catégorielle.

Au regard de l'ensemble des résultats qui viennent d'être présentés, il semble bien que le statut à la naissance a une influence sur les performances des enfants dans un certain nombre d'épreuves supposées avoir pour point commun d'impliquer l'inhibition (selon nous toutefois, ces épreuves impliqueraient des fonctions inhibitrices différentes).

Néanmoins, nous avons signalé au début de ce chapitre que l'observation de différences entre les enfants témoins nés à terme et les enfants nés prématurément - rencontrés pour cette étude - au niveau des performances aux épreuves d' « inhibition » auxquelles ils ont répondu n'est pas suffisante pour affirmer l'existence d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire. En effet, il convient encore de s'assurer de la validité des épreuves qui ont été employées. De façon plus précise, il s'agit de montrer qu'une variable latente peut rendre compte des relations entre les scores bruts des enfants aux épreuves qui leur ont été soumises. Les analyses en composantes principales qui sont détaillées dans la partie suivante visent cet objectif.

3.5. Analyses en composantes principales des scores des enfants aux épreuves d'inhibition

Dans une démarche exploratoire, des analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées sur la base des scores bruts des enfants aux différentes épreuves d' « inhibition » qui leur ont été proposées. Ces analyses portent sur les matrices de corrélations entre les variables observées – ou variables manifestes -. Elles permettent d'aboutir à un nombre réduit de facteurs, afin d'en étudier la structure[119] (Dickes, 1996).

Les analyses en composantes principales qui suivent ont été effectuées avec, pour variables manifestes, les scores bruts obtenus par les enfants dans les épreuves d' « inhibition », à savoir : le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC, le nombre de réussites dans la partie Conflit de l'épreuve des Gestes Contraires, le nombre de mots produits dans chacune des deux épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique, le nombre de séquences rappelées dans la tâche d'empan à l'envers, le nombre de modèles réussis au premier essai et le nombre total d'essais requis pour résoudre les douze modèles de la Tour de Londres.

Ces analyses portent sur l'ensemble des 147 enfants (nés à terme ou prématurés) pour lesquels nous disposions de données jugées valides, à l'exclusion des 5 enfants qui présentaient une déficience sensorielle visuelle ou auditive. En effet et comme il ne s'agissait pas ici de comparer les performances des enfants selon leur statut de naissance, nous avons pris en compte les résultats de tous les enfants rencontrés pour cette étude, qu'ils soient – pour la majorité d'entre eux - ou non scolarisés dans la classe attendue pour leur âge[120].

Des rotations – qui donnent une forme plus intelligible à la solution factorielle (Dickes, 1996) - obliques (Oblimin) ont été utilisées en raison de la non-indépendance supposée des facteurs en jeu, dans le cas où plusieurs facteurs émergeraient.

Enfin, le critère de Kaiser a été employé pour déterminer le nombre de composantes.

Le tableau 5.16 présente les résultats de l'ACP des scores des 147 enfants ici considérés aux épreuves d' « inhibition ».

---

[119] Plus exactement, les techniques d'analyses factoriolles visent à « résumer les relations observées entre un grand nombre de variables par un plus petit nombre de variables hypothétiques appelées facteurs, dimensions ou encore variables latentes » (Dickes, 1996, p. 9).

[120] Nous aurions souhaité effectuer ces analyses pour les différents groupes d'enfants établis selon le statut à la naissance. Cela nous aurait en effet permis d'obtenir quelque précision quant à la « validité de structure » : selon la théorie psychométrique, il y a validité de structure quand les analyses factorielles effectuées sur des échantillons de différentes populations permettent de retrouver les mêmes dimensions. En raison du nombre trop faible de sujets dans les différents groupes néanmoins, cela n'a pas été possible.

Tableau 5.16 : Saturations des variables par les deux premiers facteurs issus de l'ACP réalisée sur les scores des 147 enfants avec données valides aux épreuves d'inhibition

Variables manifestes	**Saturations avant rotation**		**Saturations après rotation**	
	Facteur 1	**Facteur 2**	**Facteur 1**	**Facteur 2**
Nombre de séquences rappelées dans la 2° partie du subtest Suites de Mots	0,58	0,37	**0,71**	0,06
Nombre de réussites dans la partie conflit de l'épreuves des Gestes Contraires	0,52	-0,06	0,29	-0,33
Nombre de mots produits dans l'épreuve de fluence catégorielle	0,65	0,36	**0,75**	0,01
Nombre de mots produits dans l'épreuve de fluence phonologique	0,66	0,40	**0,78**	0,00
Nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers	0,65	0,27	**0,66**	-0,09
Nombre de modèles réussis au 1° essai à la Tour de Londres	0,73	-0,59	-0,05	**-0,96**
Nombre total d'essais requis pour compléter la Tour de Londres	-0,74	0,57	0,02	**0,94**
Valeurs propres			2,96	1,18
Pourcentage de variance expliquée par chacun des facteurs			**42,3%**	**16,8%**
Pourcentage total de variance expliquée			**59,1%**	

Lorsque l'on considère les scores aux épreuves d' « inhibition » des 147 enfants pour lesquels nous disposions de données valides, une structure à deux facteurs émerge, qui explique 59 % de la variance totale (tableau 5.16).

Le premier facteur permet d'épuiser environ 42 % de la variance. Il sature relativement fortement 4 des 7 variables considérées – ces saturations sont indiquées en gras dans le tableau -, qui sont relatives aux performances des enfants au subtest Suites de Mots, aux épreuves de fluence verbale et à celle d'empan à rebours. A l'inverse, les saturations entre les deux variables considérées pour la Tour de Londres et ce facteur sont quasiment nulles. Cette variable latente pourrait alors correspondre à l'inhibition, supposée être impliquée dans les premières épreuves évoquées. Pour ce qui va à l'encontre des suppositions de Miyake et al. (2000), il faudrait néanmoins considérer que l'efficience inhibitrice ne peut être appréhendée par le biais de la Tour de Londres.

Le second facteur rend compte de près de 17 % de la variance. Il sature fortement les deux variables relatives à la Tour de Londres, à savoir : le nombre de modèles réussis au premier essai, et ce, négativement, et le nombre total d'essais requis pour résoudre l'ensemble des douze modèles, et ce, positivement. Cette deuxième composante pourrait alors renvoyer aux capacités de planification, dont il est admis qu'elles sont mises en oeuvre lors de la résolution des problèmes de la Tour de Londres. Il est à noter que des scores positifs et élevés sur ce facteur renverraient à des capacités faibles de planification.

Enfin, le nombre de réussites dans l'épreuve des Gestes Contraires sature sur les deux composantes, assez faiblement dans les deux cas, positivement avec le premier facteur, négativement avec le second.

Au regard de ces résultats, nous avons effectué une nouvelle ACP sur la base des cinq variables saturant sur le premier facteur précédemment dégagé – mais non sur celles relatives à la Tour de Londres -, dont nous pensons qu'il renvoie à l'inhibition (tableau 5.17).

Tableau 5.17 : Saturations des variables par l'unique facteur issu de l'ACP réalisée sur les scores de l'ensemble des enfants à cinq épreuves d'inhibition

Variables manifestes	**Saturations sur le facteur**
Nombre de séquences rappelées dans la 2° partie du subtest Suites de Mots	0,67
Nombre de réussites dans la partie conflit de l'épreuves des Gestes Contraires	0,52
Nombre de mots produits dans l'épreuve de fluence catégorielle	0,73
Nombre de mots produits dans l'épreuve de fluence phonologique	0,74
Nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers	0,71

Comme attendu, cette analyse a permis de retenir une seule composante ; de fait, la solution n'a pas subi de rotation. Cette composante extraite explique 46 % de la variance totale. Elle sature fortement le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie de Suites de Mots et dans la tâche d'empan à l'envers, ainsi que le nombre de mots produits dans les deux épreuves de fluence verbale. Ces observations nous laissent à penser qu'il s'agit bien de l'inhibition.

Sur la base des ACP réalisées, il est possible de considérer que l'inhibition est impliquée dans l'ensemble des épreuves qui ont été proposées aux enfants au cours de cette étude, sauf à la Tour de Londres qui ferait essentiellement intervenir les capacités de planification, et dans une moindre mesure à l'épreuve des Gestes Contraires.

En conséquence, il nous paraît judicieux de comparer le niveau global d'efficience inhibitrice - ici appréhendé au travers des performances des enfants aux cinq épreuves considérées pour la seconde ACP - dans les trois groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance (enfants nés à terme, prématurés légers *vs* grands ou très grands prématurés).

3.6. Comparaison du niveau global d'efficience inhibitrice des enfants nés à terme *vs* prématurément

La seconde analyse en composantes principales réalisée sur la base des scores bruts des enfants aux épreuves d' « inhibition » employées dans cette étude à l'exclusion de la Tour de Londres (Suites de Mots, Gestes Contraires, fluences verbales et épreuve d'empan à l'envers) a permis le calcul de scores factoriels pour chacun des 147 enfants pour lesquels nous disposions de données jugées valides.

Nous cherchons dans un premier à déterminer si le statut à la naissance influe de façon significative sur le niveau global d'efficience inhibitrice dont les scores factoriels seraient le reflet. Nous nous intéressons dans un second temps aux effets d'autres variables susceptibles d'avoir un impact à ce niveau.

3.6.1. Analyses descriptives et univariées

Nous souhaitons déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores factoriels des 129 enfants scolarisés dans la classe attendue pour leur âge qui ont été considérés pour les comparaisons.

Le tableau 5.18 fournit les moyennes et les écart-types relatifs aux scores factoriels dans les trois groupes d'enfants distingués selon le statut à la naissance, pour chacune des classes d'âge considérées séparément, puis toutes classes confondues.

Tableau 5.18 : Scores factoriels (moyennes et écart-types) des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance, pour chacune des trois classes considérées puis toutes classes confondues

STATUT	**CE2**	**CM1**	**CM2**	**Toutes classes confondues**
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
A terme	0,213 ± 0,793	0,188 ± 0,458	1,482 ± 0,681	0,586 ± 0,887
Prématurés légers	-0,111 ± 0,771	0,340 ± 0,723	0,398 ± 0,390	0,096 ± 0,741
Grands ou très grands prématurés	-0,926 ± 0,730	-0,279 ± 0,695	0,209 ± 0,687	-0,507 ± 0,832

Sur la base des données présentées dans le tableau 5.18, il est possible de constater que le niveau global d'efficience inhibitrice est plus faible chez les enfants nés prématurément que chez les témoins – sauf en ce qui concerne les élèves de CM1 -, et d'autant plus faible que la prématurité est sévère. Si l'on tient compte des réserves émises quant à la validité des résultats obtenus par les enfants témoins élèves de CM1, il apparaît également que le niveau d'efficience inhibitrice augmente avec l'âge, dans tous les groupes d'enfants.

3.6.1.1. Analyses univariées pour les trois classes confondues

Le tableau 5.19 présente les résultats de l'analyse de variance[121] effectuée pour déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores factoriels obtenus par les enfants, lorsque les trois classes d'âge sont considérées simultanément.

Tableau 5.19 : Analyse de variance pour les trois classes confondues

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	28,664	2	14,332	20,474	,000
Constante	,389	1	,389	,556	,458
STATUT	28,664	2	14,332	**20,474**	**,000**
Erreur	84,002	120	,700		
Total	113,262	123			
Total corrigé	112,666	122			

Lorsque les enfants sont considérés indépendamment de leur classe d'âge, l'analyse de variance fait apparaître un effet significatif du statut à la naissance sur les scores factoriels qui constitueraient une estimation du niveau global d'efficience inhibitrice ($F = 20,47$; $p < 0,001$).

Les comparaisons *post hoc* permettent de préciser ce premier résultat (tableau 5.20).

Tableau 5.20 : Comparaisons *a posteriori* pour les trois classes confondues

		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signif.
(I) STATUT	**(J) STATUT**			
Terme	**Prématurés légers**	,4896624	,1998173	,047
	Grands ou très grands prématurés	1,0933333	,1709332	,000
Prématurés légers	**Terme**	-,4896624	,1998173	,047
	Grands ou très grands prématurés	,6036710	,2028408	,011
Grands ou très grands prématurés	**Terme**	-1,0933333	,1709332	,000
	Prématurés légers	-,6036710	,2028408	,011

[121] Nous nous sommes auparavant assurés, en considérant les trois classes ensemble puis séparément, que les conditions d'application de l'ANOVA (normalité des distributions des scores dans les trois groupes d'enfants et égalité des variances) étaient remplies.

Les comparaisons effectuées *a posteriori* (suivant la procédure de Bonferroni) montrent que toutes les différences inter-groupes sont significatives.

Ainsi, les témoins nés à terme rencontrés pour cette étude présentent en moyenne des scores factoriels – *i.e.*, un niveau d'efficience inhibitrice - significativement supérieurs à ceux des enfants nés prématurés légers d'une part, à ceux des enfants nés grands ou très grands prématurés d'autre part. Le score factoriel moyen obtenu par les enfants nés prématurés légers est également significativement supérieur à celui des enfants nés grands ou très grands prématurés.

Les mêmes analyses sont effectuées en considérant cette fois-ci les trois classes d'âge séparément.

3.6.1.2. Analyses univariées pour les trois classes d'âge considérées séparément

Le tableau 5.21 présente les résultats de l'analyse de variance effectuée pour déterminer si, pour chacune des trois classes d'âge considérées, le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores factoriels obtenus par les enfants.

Tableau 5.21 : Analyse de variance pour les trois classes d'âge considérées séparément

CLASSE	Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
CE2	Modèle corrigé	14,797	2	7,398	12,719	,000
	Constante	4,240	1	4,240	7,288	,009
	STATUT	14,797	2	7,398	**12,719**	**,000**
	Erreur	31,993	55	,582		
	Total	52,823	58			
	Total corrigé	46,790	57			
CM1	Modèle corrigé	2,562	2	1,281	3,345	,047
	Constante	,249	1	,249	,650	,426
	STATUT	2,562	2	1,281	**3,345**	**,047**
	Erreur	13,403	35	,383		
	Total	16,067	38			
	Total corrigé	15,965	37			
CM2	Modèle corrigé	10,094	2	5,047	11,458	,000
	Constante	8,536	1	8,536	19,378	,000
	STATUT	10,094	2	5,047	**11,458**	**,000**
	Erreur	10,572	24	,440		
	Total	44,372	27			
	Total corrigé	20,666	26			

Au regard des résultats de l'analyse de la variance, il apparaît que le statut à la naissance a un effet significatif sur le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants rencontrés pour cette étude, et ce, quelle que soit la classe d'âge considérée. Cela est ainsi le cas chez les élèves de CE2 ($F = 12,72$; $p < 0,001$), chez les élèves de CM1 ($F = 3,34$; $p = 0,047$) et enfin chez ceux de CM2 ($F = 11,46$; $p < 0,001$).

Tableau 5.22 : Comparaisons *a posteriori* pour les trois classes d'âge considérées séparément

CLASSE	(I) STATUT	(J) STATUT	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sign.
CE2	Terme	Prématurés légers	,3236381	,2605075	,658
		Grands ou très grands prématurés	1,1394142	,2331858	**,000**
	Prématurés légers	Terme	-,3236381	,2605075	,658
		Grands ou très grands prématurés	,8157761	,2531215	**,006**
	Grands ou très grands prématurés	Terme	-1,1394142	,2331858	**,000**
		Prématurés légers	-,8157761	,2531215	**,006**
CM1	Terme	Prématurés légers	-,1530543	,2609221	1,000
		Grands ou très grands prématurés	,4668520	,2299649	,150
	Prématurés légers	Terme	,1530543	,2609221	1,000
		Grands ou très grands prématurés	,6199063	,2643935	*,075*
	Grands ou très grands prématurés	Terme	-,4668520	,2299649	,150
		Prématurés légers	-,6199063	,2643935	*,075*
CM2	Terme	Prématurés légers	1,0835311	,4197588	**,049**
		Grands ou très grands prématurés	1,2728960	,2798392	**,000**
	Prématurés légers	Terme	-1,0835311	,4197588	**,049**
		Grands ou très grands prématurés	,1893649	,4424646	1,000
	Grands ou très grands prématurés	Terme	-1,2728960	,2798392	**,000**
		Prématurés légers	-,1893649	,4424646	1,000

Nous rappelons les différences inter-groupes significatives telles qu'elles apparaissent dans le tableau 5.22.

• Chez les enfants scolarisés en classe de CE2, les enfants nés grands ou très grands prématurés obtiennent en moyenne des scores factoriels significativement inférieurs à ceux des témoins d'une part, à ceux des enfants nés prématurés légers d'autre part.

• Chez les enfants scolarisés en classe de CM1, les enfants nés grands ou très grands prématurés présentent un niveau global d'efficience inhibitrice inférieur à celui des enfants nés prématurés légers. La différence entre les deux groupes tend vers la significativité.

• Chez les élèves de CM2 enfin, les témoins obtiennent en moyenne des scores factoriels significativement supérieurs à ceux des enfants anciens prématurés, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. En revanche, les deux groupes d'enfants nés prématurément ne se distinguent pas entre eux quant à leur niveau global d'efficience inhibitrice.

Les résultats qui viennent d'être détaillés tendent à conforter l'hypothèse de l'existence d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire, hypothèse émise par plusieurs auteurs ces dernières années (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994). Ils appuient également l'idée, déjà évoquée au cours de ce chapitre, d'une révélation plus tardive des difficultés attentionnelles chez les enfants nés prématurés légers ou, en d'autres termes, d'un accroissement de ces difficultés à mesure que les enfants avancent en âge. En effet, l'augmentation du niveau global d'efficience inhibitrice – appréhendé au travers des scores factoriels évoqués - est plus faible dans ce groupe d'enfants en comparaison avec l'amélioration constatée dans le groupe des enfants nés à terme et dans le groupe des enfants nés grands ou très grands prématurés.

Il importe alors de développer les recherches relatives à l'évolution liée à l'âge des performances cognitives des enfants nés prématurément, en tenant compte du degré de sévérité de la prématurité.

Les analyses en régression multiple qui sont maintenant présentées permettent de tenir compte d'autres variables susceptibles d'influer sur la relation entre le statut à la naissance et l'efficience inhibitrice.

3.6.2. Analyses multivariées

Les analyses en régression multiple visant à déterminer les principales variables ayant une influence sur le niveau d'efficience inhibitrice ont été effectuées dans un premier temps pour l'ensemble des enfants, pour chacune des trois classes d'âges considérées dans un second temps.

Dans tous les cas, les variables explicatives sont : le statut à la naissance, l'âge en mois, le sexe, le caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance, le caractère singulier ou multiple de la grossesse, le niveau d'études de la mère et le fait pour un enfant d'être ou non bilingue. Les scores factoriels des enfants déterminés d'après l'ACP réalisée sur les cinq épreuves d'inhibition constituent la variable dépendante.

Les résultats ne sont pas détaillés ici ; ils sont présentés en annexe (Annexes V.5).

3.6.2.1. Analyses multivariées toutes classes confondues

Lorsque les 129 enfants sont considérés indépendamment de leur classe d'âge, la régression dans son ensemble est significative ($F = 12, 65$; $p < 0,001$). La droite de régression permet de rendre compte de 46,2% de la variance ($R2 = 0,462$).

Les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores factoriels sont : l'âge des enfants en mois ($\beta = 0,394$; $t = 5,23$; $p < 0,001$), le statut à la naissance ($\beta = -0,389$; $t = -4,89$; $p < 0,001$), le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance ($\beta = -0,170$; $t = -2,26$; $p = 0,026$) et le niveau d'études de la mère ($\beta = 0,168$; $t = 2,25$; $p = 0,027$).

3.6.2.2. Analyses multivariées pour les trois classes considérées séparément

Lorsque le niveau de scolarisation est pris en compte, la régression dans son ensemble est significative pour les élèves de CE2 ($R2 = 0,398$; $F = 4,34$; $p = 0,001$) et pour ceux de CM2 ($R2 = 0,696$; $F = 5,72$; $p = 0,003$), mais non pour les élèves de CM1 ($R2 = 0,108$; $F = 0,56$; $p = 0,756$).

Chez les élèves de CE2, seul le statut à la naissance apporte une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores factoriels ($\beta = -0,511$; $t = -3,99$; $p < 0,001$). La contribution marginale de la variable Hypotrophie tend vers la significativité ($\beta = -0,208$; $t = -1,73$; $p = 0,090$).

Chez les élèves de CM2, les variables qui apportent une contribution significative dans l'explication des fluctuations dans les scores factoriels sont : le statut à la naissance ($\beta = -0,653$; $t = -2,826$; $p = 0,013$) et le niveau d'études de la mère ($\beta = 0,422$; $t = 2,780$; $p = 0,014$).

Outre le statut à la naissance et lorsque le niveau de scolarisation (la classe d'âge) des enfants est pris en compte, deux variables apparaissent avoir une influence sur le niveau global d'efficience inhibitrice : l'hypotrophie chez les élèves de CE2, et le niveau d'études de la mère chez les élèves de CM2.

Nous avons montré plus avant que le fait d'être né hypotrophe influe de façon négative sur les scores à l'échelle Séquentielle du K-ABC des enfants anciens prématurés scolarisés en classe de CE2. Chez ces mêmes enfants en revanche, la variable Hypotrophie n'aurait pas d'effet significatif sur les performances à l'échelle Simultanée et à l'échelle des Processus Mentaux Composites. Pour ce qui appuie les conclusions de l'étude de Robson et Cline (1998), l'ensemble de ces résultats suggère que l'hypotrophie à la naissance influe de façon spécifique sur l'efficacité des processus attentionnels, plutôt que sur les performances cognitives globales. Cette proposition est cependant à nuancer en tant que l'effet de la variable Hypotrophie, qui n'a pas été observé chez les enfants d'âge préscolaire évalués dans le cadre de l'étude Epipage, n'a pas non plus été retrouvé chez les élèves de CM2 rencontrés pour notre seconde étude.

En comparaison avec le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le niveau d'études de la mère aurait un effet plus global sur les performances cognitives. Chez les enfants de 5 ans vus pour Epipage et chez les élèves de CE2 rencontrés pour notre seconde étude, cette variable a une influence significative sur les performances à l'ensemble des échelles de la batterie K-ABC. Chez les élèves de CM2, le niveau d'études de la mère exerce un effet tendanciel sur les scores à l'échelle des Processus Mentaux Composites. Chez ces mêmes enfants, il influe aussi de façon significative sur le niveau global d'efficience inhibitrice. Sur la base de ces observations, il semble que l'efficacité des processus attentionnels dépend non seulement de variables bio-médicales telles que le statut à la naissance et le caractère hypotrophe ou non à la naissance, mais aussi de facteurs socio-environnementaux, et notamment du niveau d'études de la mère[122].

Dans la dernière partie de ce chapitre, nous cherchons à éclairer les liens entre l'efficience inhibitrice et le fonctionnement cognitif global, appréhendé au travers des performances des enfants aux échelles des Processus Mentaux de la batterie d'intelligence K-ABC.

3.7. Mise en correspondance des résultats des enfants au K-ABC et aux épreuves d'inhibition : analyses de corrélations

Nous souhaitons préciser les liens entre l'inhibition et les performances des enfants aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC, qui constituent une mesure de l'intelligence fluide. Nous nous sommes alors intéressés aux corrélations entre le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants appréhendé au travers de leurs scores factoriels[123] et leurs notes aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC.

Nous faisons l'hypothèse d'une relation plus forte entre l'inhibition et les scores des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC - qui sont liés aux capacités attentionnelles - qu'entre l'inhibition et leurs scores à l'échelle Simultanée de la batterie.

Lorsque est considéré l'ensemble des 147 enfants pour lesquels nous disposions de données jugées valides, la corrélation (r de Pearson) entre les scores factoriels établis d'après la seconde ACP réalisée et les notes des enfants à l'échelle Séquentielle est de 0,57. Elle est de 0,40 entre les scores factoriels des enfants et leurs notes en Simultané. Dans les deux cas, ces valeurs sont significatives au seuil de 1%.

---

[122] Sur l'aspect spécifique de la cognition que représente l'efficience inhibitrice, le niveau d'études de la mère pourrait d'ailleurs exercer une influence d'autant plus forte que les enfants avancent en âge. A l'inverse, l'effet du caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance se ferait moins prégnant à mesure que les enfants grandissent.

[123] Comme pour les analyses en régression multiple qui viennent d'être présentées, le niveau d'efficience inhibitrice est appréhendé au travers des scores factoriels des enfants déterminés d'après la seconde ACP réalisée sur les scores bruts aux cinq épreuves impliquant un contrôle inhibiteur.

Ainsi et comme attendu, les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle de la batterie K-ABC sont assez fortement associées à l'inhibition, processus attentionnel exécutif d'ordre supérieur.

L'efficience inhibitrice est également corrélée significativement aux performances des enfants dans les épreuves de l'échelle Simultanée, qui permettent d'évaluer certaines habiletés visuo-spatiales. Ce dernier résultat conforte la proposition selon laquelle l'inhibition constitue un mécanisme cognitif de base ayant un rôle essentiel dans des domaines extrêmement variés de la cognition (Bjorklund & Harnishfeger, 1990 ; Dempster, 1992 ; Houdé, 1995).

Afin de préciser ces premières observations, nous nous sommes intéressés à l'effet du niveau d'efficience inhibitrice lorsque ce facteur est considéré parmi un ensemble de variables influant sur les performances cognitives des enfants. Des analyses en régression multiple ont été effectuées dans cette perspective, là encore en considérant les 147 enfants avec données valides.

Les variables dépendantes considérées sont, successivement, les scores des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC et leurs scores à l'échelle Simultanée. Dans les deux cas, les variables indépendantes introduites dans la régression sont : le statut à la naissance, le sexe, le caractère normotrophe ou hypotrophe à la naissance, le caractère singulier ou multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère. Le niveau d'efficience inhibitrice – *i.e.*, les scores factoriels des enfants déterminés d'après la seconde ACP - est introduit dans la régression suite à ce premier bloc de variables.

Ces analyses visent à déterminer si le niveau d'efficience inhibitrice, lorsqu'il est introduit après le premier bloc de variables, influe de manière signifiante sur le pourcentage de variance des scores expliquée par la droite de régression, en l'occurrence modifie de façon importante la valeur du R2 obtenu à partir du premier bloc de variables.

A ce propos, nous nous attendons à ce que le niveau d'efficience inhibitrice entraîne une modification plus importante de la proportion de la variance des scores expliquée par la droite de régression concernant les performances des enfants à l'échelle Séquentielle qu'en ce qui concerne leurs performances à l'échelle Simultanée. En d'autres termes, nous supposons que le niveau global d'efficience inhibitrice explique une partie plus importante de la variance des scores à l'échelle Séquentielle qu'à l'échelle Simultanée.

• En ce qui concerne les performances des 147 enfants ici considérés à l'échelle Séquentielle du K-ABC, la droite de régression comprenant les variables Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère permet d'expliquer 18% de la variance des scores. Lorsque le niveau global d'efficience inhibitrice est introduit suite au premier bloc de variables explicatives, la droite de régression explique 35,5% de la variance des scores. Ainsi, l'ajout de cette dernière variable permet de doubler la proportion de la variance expliquée par la droite de régression.

Ces résultats suggèrent que le niveau d'efficience inhibitrice influe de manière importante sur les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle[124].

---

[124] Cette influence apparaît d'autant plus importante que l'effet du statut à la naissance, qui était significatif dans la régression comprenant les variables Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère (β = -0,316 ; t = -3,67 ; p < 0,001), ne l'est plus lorsque l'on introduit la variable « efficience inhibitrice » (β = -0,090 ; t = -1,04 ; p = 0,298). C'est également le cas en ce qui concerne l'effet du niveau d'études de la mère, tendanciel avec la première régression (β = 0,154 ; t = 1,86 ; p = 0,066) et non significatif avec la

• En ce qui concerne les performances des enfants à l'échelle Simultanée de la batterie, le premier bloc de variables explicatives (Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère) permet d'expliquer 27,1% de la variance des scores. L'introduction dans la régression du niveau d'efficience inhibitrice des enfants fait passer la proportion de variance expliquée à 30,7%[125]. La différence observée entre les deux valeurs de R2 est minime. Cela montre que l'influence de l'efficience inhibitrice sur les scores obtenus par les enfants dans les épreuves « visuo-spatiales » de l'échelle Simultanée est faible en comparaison avec son rôle dans les performances des enfants en Séquentiel.

Au regard de l'ensemble de ces résultats et comme attendu, il semble bien que le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants influe relativement fortement sur leurs performances à l'échelle Séquentielle du K-ABC, qui permet d'évaluer les capacités de mémoire immédiate. L'efficience inhibitrice aurait également une incidence, mais qui est beaucoup moins importante, sur les scores obtenus par les enfants à l'échelle Simultanée de la batterie.

Il reste encore à préciser, ce que nous tenterons de faire dans le prochain chapitre, quelles fonctions de l'inhibition interviennent dans les performances des enfants aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC.

4. Conclusion

L'objectif principal de notre seconde étude, qui a fait l'objet de ce cinquième chapitre, était d'éprouver l'hypothèse récemment émise d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994), qui pourrait rendre compte d'une partie des troubles mentionnés de façon récurrente dans la littérature relative au devenir des enfants nés prématurément. Ce faisant, il s'agissait de justifier le choix de la population des enfants anciens prématurés pour l'étude de la notion d'inhibition.

Pour répondre à cet objectif, nous avons rencontré 82 enfants qui étaient nés prématurés – entre le 1er janvier 1992 et le 31 décembre 1994 - et avaient séjourné au sein du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. A des fins de comparaison, nous avons également évalué 70 enfants « témoins » recrutés au sein d'écoles de la région, qui étaient élèves de CE2, CM1 ou CM2. Ces enfants ont passé les subtests des Processus Mentaux de la batterie d'intelligence K-ABC ; ils ont également répondu à plusieurs épreuves d' « inhibition », ou pour le moins considérées comme telles dans plusieurs études récentes relatives au fonctionnement exécutif des enfants anciens prématurés (subtest Suites de Mots du K-ABC, épreuve des Gestes Contraires, tâches de fluence verbale, épreuve d'empan à l'envers et Tour de Londres).

---

deuxième (β = 0,090 ; t = 1,21 ; p = 0,277), ainsi qu'en ce qui concerne l'effet de la variable Hypotrophie, significatif avec la première régression (β = -0,214 ; t = -2,56 ; p = 0,012) et tendanciel avec la seconde (β = -0,127 ; t = -1,67 ; p = 0,097).

[125] En ce qui concerne les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC, l'effet de la variable Hypotrophie, qui était tendanciel dans la régression comprenant les variables Statut, Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère (β = -0,136 ; t = -1,72 ; p = 0,089), ne l'est plus lorsque l'on introduit la variable « efficience inhibitrice » (β = -0,096 ; t = -1,21 ; p = 0,227).

La constitution des groupes d'étude a été effectuée en tenant compte de contraintes pratiques et déontologiques. Nous abordons ici certains problèmes qui se sont posés au cours de celle-ci.

Nous avons signalé dans le premier chapitre que les études relatives au devenir des enfants nés prématurément devaient se baser sur des échantillons d'enfants issus d'une région géographique définie – plutôt que d'un centre unique -, comprenant idéalement l'ensemble des survivants. L'obtention de conclusions valides requiert également que la grande majorité de ces enfants soit suivie depuis leur naissance jusqu'à un âge avancé. Notre étude est loin de présenter ces garanties méthodologiques. Parce que nous nous intéressons au fonctionnement cognitif et inhibiteur d'enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire, il n'était pas envisageable de suivre les enfants depuis leur naissance. De fait, notre étude n'est ni prospective, ni longitudinale. En outre, les familles des enfants anciens prématurés rencontrés pour cette étude ont été contactées *via* un service hospitalier unique, en l'occurrence par l'intermédiaire du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Nous disposions des coordonnées postales et téléphoniques des familles - à la date de naissance de(s) l'enfant(s) - de plus de 500 enfants qui étaient nés entre 1992 et 1994 ; tous ces enfants présentaient un développement harmonieux lors des dernières consultations réalisées dans le cadre du suivi systématique des enfants nés prématurés. Or, nous avons « retrouvé » (dans la région Grand-Est) les familles de 200 enfants seulement. En outre, plus de la moitié des familles contactées n'a pas répondu à notre courrier ou a refusé de pendre part à l'étude. Ainsi, nous avons effectivement rencontré moins du quart des enfants qui satisfaisaient aux critères d'inclusion dans notre seconde étude. En outre, nous ne disposions pas de renseignements suffisants concernant les familles n'ayant pu être retrouvées ou celles ayant refusé de participer à l'étude pour affirmer que les groupes d'enfants anciens prématurés constitués pour cette étude sont représentatifs de l'ensemble des enfants nés prématurément à la période évoquée ayant séjourné au sein du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy.

Par ailleurs et après avoir obtenu l'accord de différentes instances (Inspection d'Académie, Inspection de l'Education Nationale, directeurs et professeurs des écoles, parents ou tuteurs légaux des enfants), nous avons recruté les enfants « témoins » au sein d'écoles de la région. Pour des raisons déontologiques, nous avons fait le choix d'évaluer au sein d'une même classe l'ensemble des élèves pour lesquels nous disposions d'une autorisation parentale. De fait, pour cette seconde étude, tous les enfants témoins élèves de CE2 provenaient d'une même classe ; ce fut également le cas pour les enfants témoins scolarisés en classe de CM1. En ce qui concerne les élèves de CM2, les enfants témoins provenaient de deux classes d'effectifs plus faibles, car à plusieurs niveaux.

Nous avons montré que les différents groupes établis d'après le statut à la naissance étaient comparables sur plusieurs variables susceptibles d'influer sur le développement des enfants nés prématurément. Nous nous sommes également assurés que les variables pour lesquelles les différents groupes d'enfants considérés (enfants nés à terme, prématurés légers *vs* grands ou très grands prématurés) n'étaient pas comparables n'avaient pas d'influence significative sur les variables dépendantes prises en compte, en l'occurrence sur les performances cognitives et inhibitrices des enfants. Néanmoins, de par les choix que nous avons effectués lors de la constitution des groupes d'étude, nous n'avons pu contrôler les effets de nombreux facteurs pouvant influer sur le développement des enfants. C'est en particulier le cas de l'effet « maître » et de l'effet « classe » (Tazouti, 2002), d'autant plus

« prégnants » dans le cas de notre étude que les enfants témoins élèves de CE2 et de CM1 provenaient d'une même classe, que ceux élèves de CM2 provenaient de deux classes différentes seulement. C'est aussi le cas des fluctuations rythmiques des performances cognitives, et notamment attentionnelles et mnésiques (Janvier & Testu, 2005 ; Leconte & Beugnet-Lambert, 1988 ; Leconte-Lambert, 1997), problème déjà soulevé au cours du chapitre précédent. Par ailleurs, nous nous sommes aperçus que les raisons (en tous cas telles qu'elles sont formulées) qui font qu'un enseignant accepte ou non de participer à une telle étude peuvent être sources de biais. Ainsi, plusieurs élèves témoins de la classe de CM1 étaient considérés par leur professeur comme « en difficulté d'attention ».

Sur la base de ces éléments, il apparaît que la validité des résultats obtenus dans le cadre de cette étude est discutable en ce qui concerne les enfants scolarisés en CE2 - nous nous sommes cependant assurés que les élèves témoins de CE2 avaient obtenu aux évaluations nationales des résultats moyens égaux à ceux relevés au niveau national - et ceux scolarisés en CM2. Elle est plus que douteuse chez les élèves de CM1.

Nous discutons à présent du choix des épreuves utilisées au cours de notre seconde étude.

Les enfants nés à terme et prématurés rencontrés pour cette étude ont tout d'abord répondu aux subtests de la batterie d'intelligence K-ABC. Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude nationale Epipage ont confirmé le bien-fondé de cet instrument pour l'évaluation globale du fonctionnement cognitif des enfants nés prématurément.

Nous avons ensuite soumis les enfants à plusieurs épreuves utilisées dans des études récentes relatives au fonctionnement exécutif des enfants anciens prématurés, supposées impliquer l' « inhibition » : épreuve des Gestes Contraires, tâches de fluence verbale, épreuve d'empan à l'envers et Tour de Londres ; nous avons également tenu compte des performances des enfants dans la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC. Toutefois, la question se pose de la validité de ces épreuves. En les proposant aux enfants d'âge scolaire rencontrés pour notre seconde étude, nous cherchions à vérifier que ces épreuves ont bien en commun d'impliquer un contrôle inhibiteur.

Les observations réalisées sur la base des données issues de notre seconde étude tendent à confirmer l'intérêt de la batterie standardisée K-ABC en ce qui concerne la population des enfants anciens prématurés. Les analyses statistiques relatives aux performances des enfants d'âge scolaire – scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2 - aux épreuves de la batterie Kaufman ont permis de montrer que les enfants nés à terme réalisent généralement de meilleures performances que les enfants nés prématurément. Il apparaît également que, en fonction de la sévérité de la prématurité, les enfants présentent des profils de notes différents au K-ABC. Au regard des résultats obtenus dans le cadre de l'étude nationale Epipage avec des enfants âgés de 5 ans, ces profils apparaissent relativement stables.

Par ailleurs, les enfants nés avant terme obtiennent des scores plus faibles que les témoins à plusieurs épreuves exécutives employées dans des études récentes relatives au devenir des enfants nés prématurément : subtest Suites de Mots du K-ABC, épreuve des Gestes Contraires, tâches de fluence verbale, épreuve d'empan à l'envers et Tour de Londres. Par le biais d'analyses en composantes principales, nous avons montré que ces épreuves, hormis la Tour de Londres, ont bien en commun de mesurer un même phénomène ; nous postulons qu'il s'agit de l'efficience inhibitrice. Les analyses univariées relatives à l'effet du statut à la naissance sur les scores factoriels des enfants - déterminés d'après l'ACP de leurs performances à cinq épreuves qui semblent effectivement impliquer l'inhibition - confirment que le statut à la naissance influe de façon significative sur le niveau global d'efficience inhibitrice des enfants. Celui-ci serait d'autant plus faible que la prématurité est sévère. Dépendant de l'âge des enfants, d'autres variables auraient une incidence sur l'efficience inhibitrice : l'hypotrophie à la naissance chez les enfants les plus jeunes élèves de CE2 – ce qui va dans le sens de la proposition formulée par Robson et Cline (1998) -, et le niveau d'études de la mère chez les enfants les plus âgés, qui étaient scolarisés en classe de CM2.

Enfin, des liens ont été mis en évidence entre le niveau global d'efficience inhibitrice et les scores obtenus par les enfants aux échelles des Processus Mentaux de la batterie K-ABC. L'influence de l'inhibition est particulièrement forte en ce qui concerne les performances des enfants aux épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle. Ainsi, le plus faible niveau d'efficience inhibitrice observé chez les enfants anciens prématurés comparés aux enfants nés à terme pourrait expliquer pour partie les plus faibles scores obtenus par les premiers à l'échelle Séquentielle du K-ABC.

En dépit des réserves émises quant à la représentativité des groupes d'étude d'une part, du fait que le développement est soumis aux effets complexes de nombreuses variables – parmi lesquelles seul un petit nombre a été pris en compte - d'autre part, l'ensemble des résultats obtenus au cours de notre seconde étude conforte l'hypothèse de l'existence, chez certains enfants anciens prématurés d'âge scolaire, d'un déficit affectant le contrôle inhibiteur. Cette population se trouve donc justifiée pour l'étude de l'inhibition, notion centrale dans les théories actuelles du fonctionnement cognitif dont nous avons vu pourtant qu'elle souffre de problèmes conceptuels et méthodologiques.

Chapitre 6.

Etude des fonctions inhibitrices chez des enfants nés à terme et prématurés, à l'âge scolaire

Ce sixième chapitre est consacré à la troisième étude menée dans le cadre de notre travail de thèse, qui a pour principal objectif d'éclairer la notion – trop ? - générale d'inhibition. Il s'agit plus exactement, dans un premier temps et sur la base de données empiriques, d'une part de déterminer de quelle manière sont organisées les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999), et d'autre part de préciser leurs rôles dans les performances des enfants à des épreuves exécutives impliquant un contrôle inhibiteur, ainsi que dans le fonctionnement cognitif global.

Nous espérons que cela nous permettra de préciser, dans un second temps, quelle(s) fonction(s) inhibitrice(s) est (sont) particulièrement affectée(s) par une naissance prématurée, dépendant de la sévérité de la prématurité.

1. Contexte et objectifs

L'inhibition constitue une notion fondamentale dans les théories actuelles du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs. Nous avons vu que plusieurs populations infantiles (enfants H-TDA, en difficulté d'apprentissage, schizophrènes et autistes) sont supposées présenter un déficit inhibiteur. Un tel déficit est également mis en cause dans le développement d'une partie au moins des troubles cognitifs et comportementaux associés à une naissance avant terme ; les résultats de notre seconde étude vont d'ailleurs dans ce sens. Toutefois, en dépit du rôle majeur qui lui est attribué depuis quelques années, le concept d'inhibition souffre toujours de problèmes définitoires et méthodologiques.

Il est établi que la notion d'inhibition renvoie à un ensemble de processus. Ceux-ci sont globalement considérés comme chargés de la suppression d'informations non pertinentes pour l'activité en cours. D'une façon qui nous paraît plus avisée cependant, Hasher et al. (1999) ont distingué trois fonctions inhibitrices. L'une d'entre elles, la fonction d'Accès, aurait pour rôle d'interdire à celles des représentations activées par le contexte qui sont inutiles – c'est-à-dire aux représentations « distractrices » - d'accéder à l'espace limité de la mémoire de travail.

Une autre, la fonction de Nettoyage, serait chargée du « rejet » de cet espace de travail des informations pas ou plus pertinentes pour l'activité en cours. Enfin, la fonction inhibitrice de Restriction s'assurerait du non-déclenchement des comportements « prédominants » - automatiques, automatisés ou prêts à être exécutés - inappropriés dans le contexte.

Les données récentes de plusieurs auteurs, qui ont fait état de corrélations relativement faibles entre différentes mesures de l'inhibition ou ont observé des dissociations dans certaines populations, iraient dans le sens d'une diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs. Néanmoins, l'interprétation de tels résultats pose un certain nombre de problèmes, pour la plupart liés au caractère « impur » et au manque de validité des épreuves utilisées (voir de manière plus générale pour les épreuves exécutives Miyake & al., 2000).

Notre objectif premier est alors, par le biais d'analyses factorielles confirmatoires, de tenter de déterminer si les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. peuvent être considérées comme « unifiables » et ainsi légitimer la référence courante à la notion générale d'inhibition, ou au contraire si elles doivent être clairement séparées.

Une meilleure spécification du concept d'inhibition est essentielle. Il est tout aussi nécessaire, comme nous l'avons déjà signalé, de préciser ce que mesurent réellement les épreuves habituellement utilisées pour l'évaluation de l'efficience inhibitrice, ou, en d'autres termes, de s'intéresser à leur validité de construit.

Nous avons repris dans notre seconde étude – dont la présentation a fait l'objet du précédent chapitre - plusieurs de ces épreuves, dont des tâches de fluence verbale, l'épreuve d'empan à l'envers et la Tour de Londres, que nous avons soumises à des enfants nés à terme ou prématurés d'âge scolaire. Sur la base des résultats des analyses factorielles exploratoires réalisées, il semble bien que toutes ces tâches, hormis la Tour de Londres, impliquent un contrôle inhibiteur.

Nous souhaitons alors, et c'est là le second objectif de cette étude, spécifier les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à ces épreuves.

Nous voulons également éclairer le rôle de ces composantes dans le fonctionnement cognitif global, appréhendé au travers des performances des enfants rencontrés aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. Dans les deux cas, nous nous baserons sur la comparaison de modèles d'équations structurales.

Enfin, dans le cas où les trois fonctions octroyées à l'inhibition devraient être distinguées – comme nous le pensons -, nous chercherons à déterminer si celles-ci sont également affectées par le fait d'être né prématuré, ou au contraire si la prématurité n'a d'influence que sur certaines des trois fonctions inhibitrices.

Visant cet objectif et sur la base des résultats des analyses confirmatoires, nous calculerons pour chaque enfant des « scores d'efficience » sur chacune des trois fonctions de l'inhibition. Nous nous intéresserons alors à l'effet du statut à la naissance sur ces scores reflétant l'efficacité des trois fonctions inhibitrices.

Préalablement, nous présenterons les résultats des comparaisons inter-groupes relatives aux performances des enfants à l'ensemble des épreuves qui leur ont été proposées au cours de cette troisième étude.

2. Démarche statistique et hypothèses

Pour répondre aux questions soulevées de l'organisation et du rôle des fonctions de l'inhibition, une démarche confirmatoire, fondée sur l'exploitation de modèles d'équations structurales, semble la plus adaptée (voir notamment Bacher, 1987).

2.1. Les modèles d'équations structurales : une approche différente

L'approche confirmatoire - et plus précisément l'utilisation de modèles structuraux - se distingue des méthodes d'analyses classiques en tant qu'elle requiert, avant toute chose, l'élaboration d'une représentation théorique concernant les données. Dans cette perspective, il s'agit donc d'établir un modèle, ***a priori*** et **sur la base de considérations théoriques,** et ensuite de juger de l'adéquation de ce modèle aux données (Dickes, Tournois, Flieller & Kop, 1994).

D'un point de vue épistémologique, « le développement des modèles structuraux en psychologie s'inscrit dans une conception de l'explication scientifique qui met l'accent sur la construction de modèles intelligibles, coordonnant un ensemble de lois »[126] (Bacher, 1987, p. 347). Ainsi, les modèles structuraux permettent de décrire la structure de variables considérées comme interdépendantes et d'éprouver des hypothèses relatives à cette structure, entre autres.

Le fait de travailler au niveau des variables latentes permet de surmonter certaines des limitations inhérentes aux méthodes d'analyses classiques, et en particulier le problème posé par l'impureté des tâches (*task impurity problem*), particulièrement prégnant lorsqu'il s'agit d'épreuves exécutives. Le fait que celles-ci soient par essence « impures », au sens où elles mettent également en jeu des processus non-exécutifs, a pour conséquence de limiter la portée des résultats des études basées sur des analyses de corrélations ou sur des analyses factorielles exploratoires. Ainsi, il est possible que les différences au niveau des processus périphériques impliqués masquent l'existence de points communs entre plusieurs tâches supposées évaluer la même fonction exécutive. Cela pourrait alors expliquer que les performances à ces tâches ne soient pas fortement inter-corrélées, ou encore que plusieurs facteurs émergent des analyses factorielles. De la même manière, les dissociations relevées dans certaines populations pourraient n'être qu'un artefact dû à la mise en oeuvre de processus non-exécutifs plus ou moins efficients (voir aussi Miyake & Shah, 1999, cités par Miyake & al., 2000 dans le cas plus général des épreuves exécutives).

---

[126] Un modèle structural consiste en effet « en une formalisation mathématique traduisant un certain nombre d'hypothèses relatives aux éléments essentiels d'un phénomène et aux lois qui le régissent. Il permet de déduire les conséquences logiques de ces hypothèses et de les confronter aux résultats de l'expérience » (Bacher, 1987, p. 349).

2.2. Logique des modèles d'équations structurales

La logique fondamentale des modèles d'équations structurales (MES) « est de mettre à l'épreuve

1/ à partir du lien observé entre des variables empiriques (exprimé le plus souvent en termes de variances-covariances),

2/ des hypothèses inférées à partir d'une théorie concernant les relations de dépendance et/ou d'interdépendance entre des variables observées et/ou des variables latentes,

3/ par l'intermédiaire de la manipulation de paramètres » (Dickes & al., 1994, p. 208).

Les MES se fondent sur la comparaison de deux matrices de variances-covariances, l'une observée, l'autre théorique, *i.e.,* qui dérive de la théorie. Cette dernière est « reconstruite » à partir de la manipulation de paramètres, qui peuvent être libres, fixés ou contraints.

- Les paramètres dits libres sont ceux dont on ne connaît pas la valeur. Celle-ci est alors estimée par le logiciel[127] ;
- les paramètres fixés - ou fixes - sont ceux dont on impose la valeur[128] ; enfin
- les paramètres contraints sont ceux dont on ne connaît pas la valeur, mais dont on impose l'égalité avec un (ou plusieurs) autre(s) paramètre(s).

La différence entre la matrice observée et la matrice théorique produit une matrice dite des résidus. Plusieurs indices statistiques permettent d'évaluer l'importance de ces résidus, et ainsi d'apprécier l'ajustement du modèle aux données empiriques (Bacher, 1987, 1988). Nous détaillons essentiellement ceux qui seront considérés lors des analyses, et renvoyons le lecteur désireux de plus amples informations à Jöreskog et Sörbom (1985, cités par Bacher, 1987).

♦ le $\chi 2$: lorsque l'estimation est faite par la méthode du maximum de vraisemblance, le programme fournit une mesure de $\chi 2$ qui a pour valeur (N-1) fois – où N est le nombre de sujets - la valeur minimum de la fonction d'ajustement F, fonction qui traduit l'écart entre la matrice des covariances observées et la matrice des covariances reconstruites. Plus la valeur du $\chi 2$ est faible, meilleur est l'ajustement ; lorsque le $\chi 2$ est nul, l'ajustement est parfait.

Le $\chi 2$ peut également être utilisé comme épreuve de signification, avec $k(k+1) - t$ degrés de liberté, où k est le nombre de variables observées et t le nombre de paramètres estimés[129]. Si le $\chi 2$ est significatif, il convient de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité entre la matrice théorique et celle observée, au profit de l'hypothèse alternative. Par ailleurs, lorsque deux modèles dits « emboîtés » - *i.e.,* dont les paramètres sont spécifiés de la même manière, avec seulement des restrictions additionnelles dans un des deux modèles - sont comparés entre eux, la différence de $\chi 2$, avec pour degrés de libertés la différence de degrés de liberté, permet d'éprouver l'hypothèse selon laquelle les nouvelles restrictions n'entraînent pas de baisse significative de la valeur de l'ajustement (Bacher, 1987).

---

[127] Généralement, cette estimation se fait par la méthode du maximum de vraisemblance (*maximum likelihood),* qui a pour objectif de minimiser l'écart entre la matrice observée S et la matrice théorique Σ.

[128] Par exemple, lorsque l'on s'intéresse au lien entre une variable latente et une variable observée, on fixe à 0 le paramètre lorsque l'on pose l'hypothèse que la variable manifeste ne dépend pas de la variable latente.

[129] Ainsi, plus le nombre de paramètres à estimer – *i.e.,* laissés libres - est élevé, plus le nombre de degrés de liberté est faible.

Néanmoins, l'utilisation du $\chi 2$ comme épreuve de signification nécessite que certaines conditions soient remplies[130]. Cet indice a également pour inconvénient d'être très dépendant de l'effectif : lorsque l'effectif de l'échantillon est important, le $\chi 2$ est généralement significatif. Ainsi, Jöreskog et Sörbom (1985, cités par Bacher, 1987) jugent préférable l'utilisation du $\chi 2$ comme une mesure de l'ajustement plutôt que comme une épreuve de signification. Dans cette perspective, on considère habituellement que la valeur du $\chi 2$ doit être inférieure à deux fois le nombre de degrés de liberté auquel il est associé.

♦ le RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*) : cet indice, beaucoup moins sensible à l'effectif que le $\chi 2$, correspond à la racine carrée de la moyenne de l'erreur d'approximation[131].

L'ajustement du modèle est considéré comme parfait si la valeur de l'indice RMSEA est nulle, comme très bon si elle est inférieure à 0,05, et comme acceptable si elle est inférieure à 0,08. En revanche, une valeur supérieure à 0,10 doit conduire à rejeter le modèle.

♦ le RMR, et surtout le SRMR ou RMR standardisé (*Root Mean Square Residual*) : cet indice constitue une mesure de la moyenne des variances et des covariances résiduelles.

L'ajustement est d'autant meilleur que la valeur de cet indice est faible ; il est considéré comme satisfaisant lorsque sa valeur est inférieure à 0,08 (Hu & Bentler, 1998, cités par Miyake & al., 2000).

♦ On peut également tenir compte du GFI (*Goodness of Fit Index*), qui indique la proportion de variances et covariances dont rend compte le modèle, ou encore de l'AGFI (*Adjusted Goodness of Fit Index*), qui ajuste le GFI pour les degrés de liberté (Bacher, 1987). Ces coefficients, qui varient entre 0 et 1, ont pour avantage d'être indépendants de l'effectif. L'ajustement est d'autant meilleur qu'ils sont plus proches de 1. On considère habituellement qu'ils doivent être supérieurs à 0,90.

Le manque d'adéquation du modèle aux données se traduit par des valeurs d'ajustement faibles ou des résidus élevés. Parfois également, il se traduit par une impossibilité d'estimations des paramètres, les itérations effectuées par le programme ne convergeant pas (Bacher, 1987).

Nous terminons sur ce point en ajoutant que trois démarches sont possibles lors de l'analyse de modèles d'équations structurales (Jöreskog & Sörbom, 1998) :

- la démarche confirmatoire stricte - très rarement employée -, dans laquelle un seul modèle est établi. Sur la base des données recueillies pour le tester, ce modèle sera accepté ou rejeté ;
- la démarche à modèles compétitifs, où plusieurs modèles sont comparés entre eux sur la base de différentes analyses d'une même collecte de données, et le plus adéquat accepté ; et
- la démarche de génération de modèles, dans laquelle un modèle est spécifié à titre d'essai puis modifié s'il ne correspond pas aux données, et ce, jusqu'à ce que l'adéquation soit bonne.

---

[130] Le modèle doit être correct – ce qui n'est jamais strictement le cas -, l'effectif suffisant, et aucune cause d'invalidation ne doit être présente (Bacher, 1987).

[131] L'erreur d'approximation fait référence au manque d'ajustement du modèle à la matrice de variances-covariances de la population (Σo). Comme cette matrice n'existe pas réellement, l'estimation de l'erreur d'approximation se fait à travers les statistiques de l'échantillon.

2.3. Modèles développés et hypothèses

Pour répondre aux objectifs préalablement mentionnés, nous avons rencontré 105 enfants nés à terme ou prématurés âgés de 8 ans ; aucun n'avait participé à notre seconde étude. Nous avons soumis ces enfants à neuf épreuves dont nous pensions qu'elles évaluaient l'une des trois fonctions postulées de l'inhibition d'une part, aux épreuves exécutives utilisées dans notre précédente étude et aux subtests du K-ABC d'autre part.

2.3.1. Modèles développés pour répondre au premier objectif et hypothèses

Pour répondre au premier objectif de cette étude, à savoir pour déterminer dans quelle mesure les fonctions attribuées à l'inhibition peuvent être considérées comme unitaires ou doivent être séparées, nous utilisons des analyses factorielles confirmatoires. Nous avons vu que cette méthode, pour ce qui la distingue des analyses factorielles « classiques » - *i.e.*, exploratoires -, requiert l'élaboration d'un modèle *a priori* sur la base de données de la littérature.

Le modèle théorique développé dans cette perspective se fonde sur l'existence de trois variables latentes, chacune correspondant à l'une des fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999). Les variables manifestes sont représentées par les neuf épreuves employées pour évaluer ces trois fonctions.

Pour ce qui permet de dépasser le problème posé par la mise en jeu de processus périphériques non-exécutifs, cette approche consiste à extraire statistiquement ce qui est commun entre les tâches utilisées pour évaluer chacune des trois fonctions de l'inhibition, pour ensuite s'intéresser aux relations entre ces variables latentes « pures », ou pour le moins « épurées ».

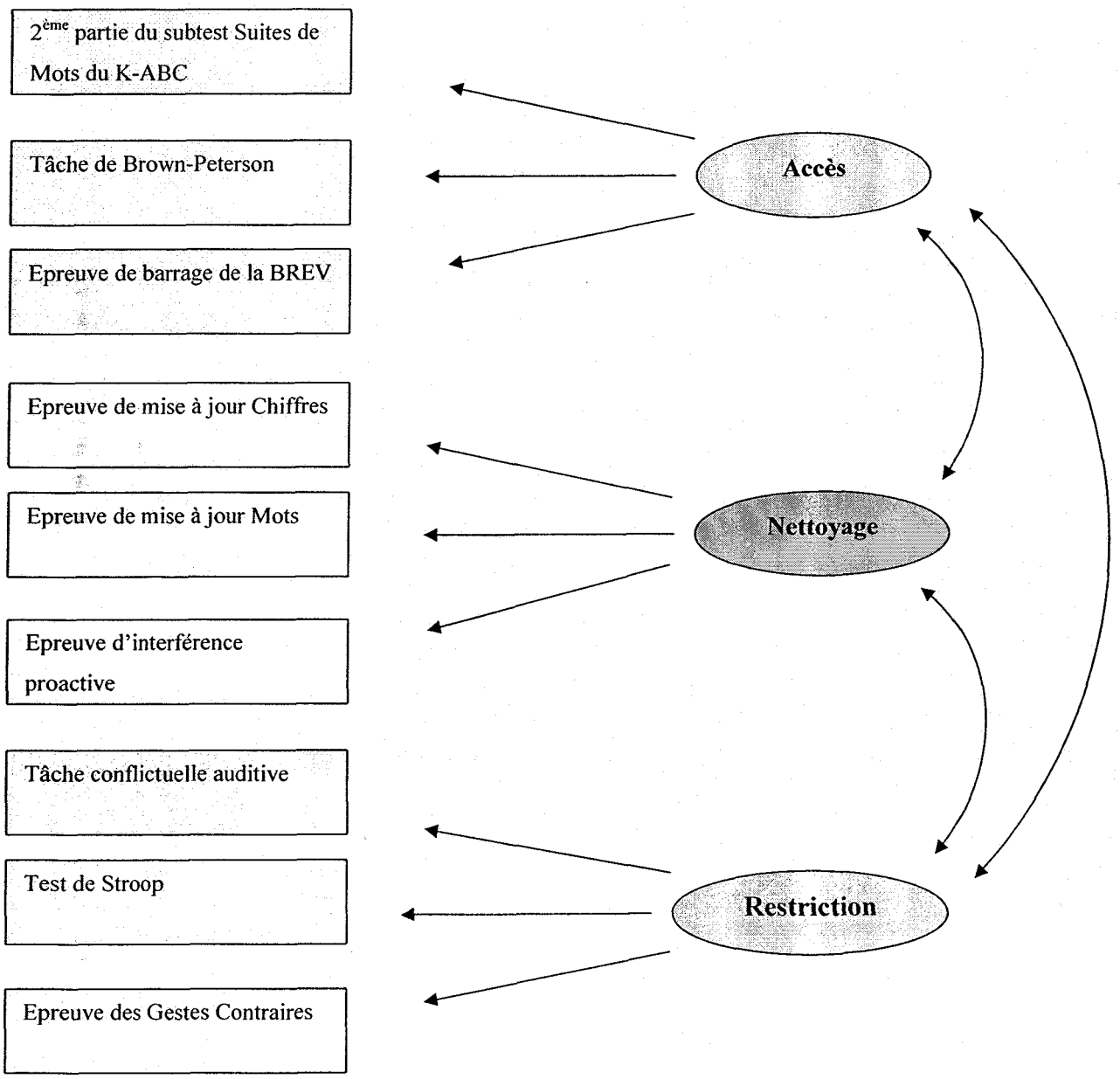
Neuf épreuves ont donc été employées pour évaluer les trois fonctions inhibitrices, chacune d'entre elles étant appréhendée au travers des performances des enfants à trois épreuves.

- La seconde partie du subtest Suites de Mots de la batterie d'intelligence K-ABC, la tâche de Brown-Peterson et l'épreuve de barrage de la BREV ont été employées pour évaluer la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail (Accès).
- La fonction de nettoyage de la mémoire de travail (Nettoyage) a quant à elle été étudiée à l'aide de deux épreuves dites de mise à jour - l'une impliquant des chiffres, l'autre des mots - et d'une épreuve d'interférence proactive.
- Pour mesurer la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes (Restriction), nous avons utilisé l'épreuve des Gestes Contraires, le Stroop, ainsi qu'une tâche conflictuelle auditive.

Les principes de la plupart de ces épreuves et les raisons ayant présidé à leur choix ont été développés au cours du second chapitre ; ils seront rappelés dans la partie Méthodes (partie 3.2.).

La figure 6.1 illustre le modèle théorique qui a servi de base aux analyses factorielles confirmatoires : le modèle dit « à trois facteurs corrélés ». Les ellipses représentent les trois variables latentes d'intérêt, qui renvoient aux trois fonctions inhibitrices postulées (Accès, Nettoyage et Restriction). Les rectangles représentent les variables manifestes, à savoir les épreuves expérimentales utilisées pour évaluer les différentes fonctions de l'inhibition, tel qu'indiqué par les flèches simples. Enfin, les double-flèches représentent les corrélations entre les variables latentes.

Figure 6.1 : Modèle théorique de base « à trois facteurs corrélés » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires



Au regard de la littérature et comme cela a été développé dans le chapitre 2, nous émettons l'hypothèse de la « séparabilité » des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). En d'autres termes, nous ne nous attendons pas à ce que ces trois fonctions soient fortement inter-corrélées. Néanmoins, nous pensons qu'un lien plus fort doit exister entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage qu'entre ces deux fonctions respectives et la fonction de Restriction. En effet, la fonction inhibitrice de Nettoyage est chargée de désactiver, au sein de la mémoire de travail – *i.e.,* de « rejeter » de cet espace -, les représentations pas ou plus pertinentes pour la tâche en cours, et parmi celles-ci les représentations distractrices ayant pu accéder à la mémoire de travail du fait d'un défaut de la fonction d'Accès.

Par ailleurs, nous ne nous attendons pas non plus à ce que les trois fonctions inhibitrices évoquées soient totalement indépendantes les unes des autres.

Cherchant à éprouver cette hypothèse, nous adoptons la démarche dite à modèles compétitifs basée sur la comparaison, sur la base des indices d'adéquation, de modèles « emboîtés » qui ne diffèrent entre eux que par le nombre de paramètres laissés libres.

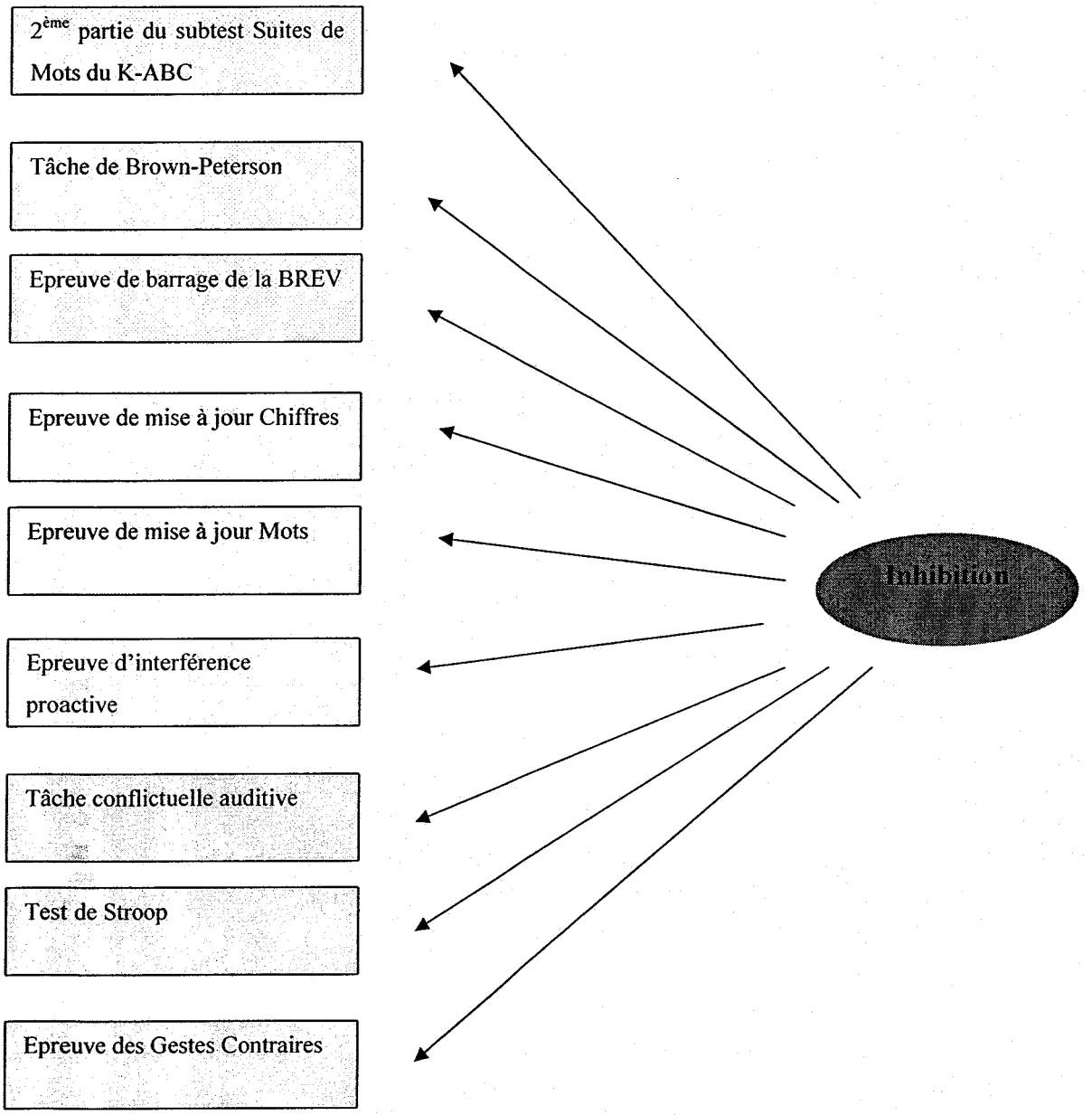
Nous comparons un modèle à trois facteurs dans lequel les corrélations entre ceux-ci sont laissées libres, le modèle théorique de base « à trois facteurs corrélés », avec :

- d'une part, un modèle « à un facteur unique » - qui pourrait correspondre à la notion générale d'inhibition - créé en fixant toutes les corrélations entre les trois variables latentes à 1 (figure 6.2) ; et

- d'autre part, un modèle « à deux facteurs corrélés » (dans lequel les deux fonctions d'Accès et de Nettoyage, mais non les trois, sont unifiées) créé en fixant l'une des corrélations (celle entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage considérées comme renvoyant à un même concept) à 1, cependant que les autres sont laissées libres (figure 6.3).

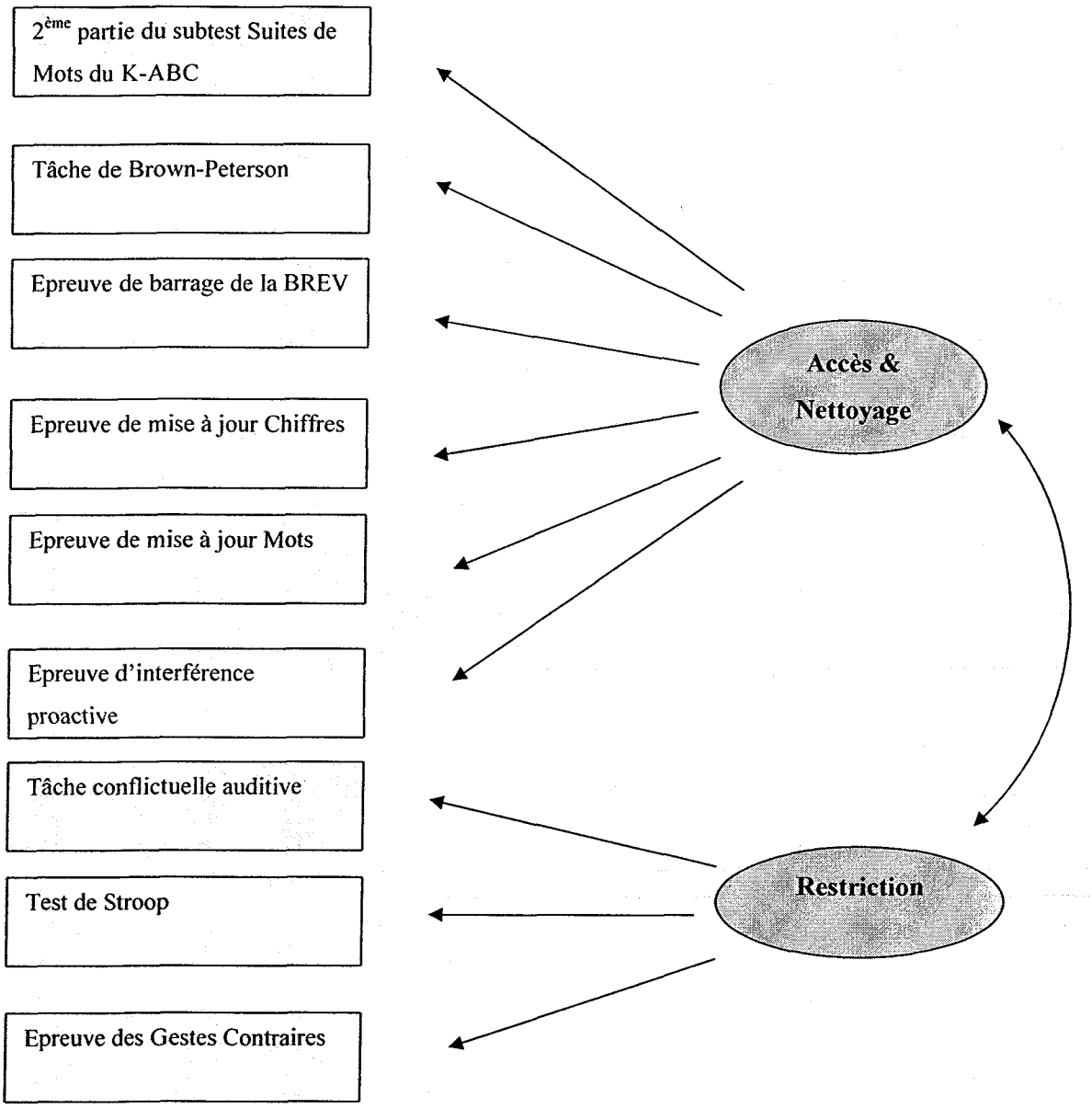
Afin de déterminer si les trois fonctions inhibitrices peuvent être considérées comme totalement indépendantes les unes des autres, nous comparons également le premier modèle « à trois facteurs corrélés » à un autre modèle dans lequel toutes les corrélations entre les variables latentes sont fixées à 0 (figure 6.4).

Figure 6.2 : Modèle « à un facteur unique d'inhibition » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires



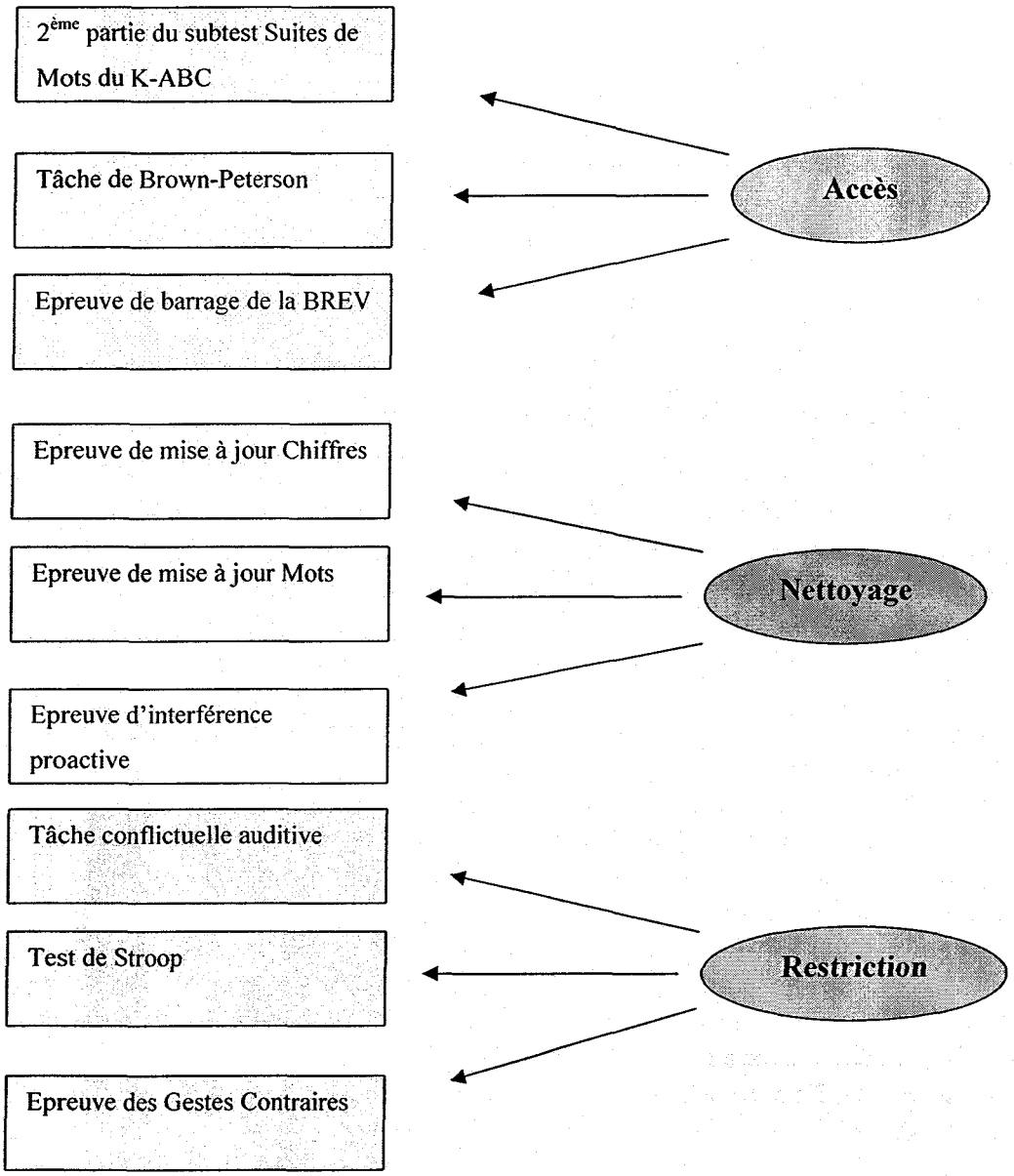
La figure 6.2 représente le modèle « à un facteur unique », facteur qui correspondrait à la notion générale d'inhibition. Ce modèle suppose l'unité des trois fonctions d'Accès, de Nettoyage et de Restriction, et donc, par là, l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs distingués dans la littérature.

Figure 6.3 : Modèle « à deux facteurs corrélés » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires



Le modèle « à deux facteurs corrélés » (figure 6.3) a été créé à partir du modèle de base, en fixant à 1 la corrélation entre les variables latentes Accès et Nettoyage. Selon ce modèle, la notion d'inhibition renverrait à deux fonctions distinctes, bien que non totalement indépendantes. La première fonction (Accès & Nettoyage) serait chargée à la fois d'interdire aux informations – externes ou internes - non utiles pour l'activité en cours d'accéder en mémoire de travail **et** de rejeter de cet espace les informations pas ou plus pertinentes. La seconde fonction (Restriction) serait chargée de restreindre l'accès aux réponses « prédominantes » - *i.e.,* automatiques, exécutées de manière répétée ou prêtes à être exécutées - non appropriées dans le contexte.

Figure 6.4 : Modèle « à trois facteurs indépendants » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires



Le modèle « à trois facteurs indépendants » (figure 6.4) a été créé à partir du modèle de base, en fixant à 0 l'ensemble des corrélations entre les variables latentes. Selon ce modèle, les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) sont totalement indépendantes les unes des autres. Si l'adéquation de ce modèle aux données était attestée, alors les processus inhibiteurs dont il est question dans la littérature pourraient être définis sur la base de la fonction unique qu'ils remplissent.

Si, au regard des indicateurs d'adéquation obtenus, le modèle à un facteur et le modèle à deux facteurs ne permettent pas de mieux rendre compte des données observées que le premier modèle « à trois facteurs corrélés » - ou plus précisément, si l'ajustement de ces modèles aux données est moins bon d'un point de vue statistique comparé à celui du premier modèle[132] -, alors nous pourrons considérer les trois fonctions attribuées à l'inhibition comme séparables. Dans ce cas, les corrélations entre les trois variables latentes permettront de préciser dans quelle mesure les trois fonctions inhibitrices sont liées les unes aux autres.

Pour autant, si le modèle à trois facteurs indépendants (dans lequel les corrélations entre les variables latentes sont fixées à 0) ne se révèle pas « meilleur » que le premier, alors les fonctions inhibitrices ne pourront être considérées comme totalement indépendantes les unes des autres.

2.3.2. Modèles développés pour répondre au second objectif et hypothèses

Pour répondre au second objectif de cette étude, à savoir pour déterminer ce que – *i.e.*, quelle(s) fonction(s) inhibitrice(s) - mesurent réellement les épreuves exécutives utilisées dans notre seconde étude, nous nous basons sur la comparaison de modèles d'équations structurales.

Ces différents modèles sont identiques à celui utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires, à la différence près qu'une variable manifeste a été ajoutée. Il s'agit, en l'occurrence, de l'une des épreuves - parmi celles employées dans les études récentes relatives au fonctionnement exécutif des enfants anciens prématurés - que nous avons soumises aux enfants lors de notre seconde étude (Tour de Londres, épreuve d'empan à l'envers, épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique).

Nous avons montré que toutes ces épreuves impliquent un contrôle inhibiteur, hormis la Tour de Londres. Parce que les résultats obtenus par Miyake et al. (2000) contredisent cette dernière observation, nous souhaitons éprouver l'hypothèse selon laquelle aucune des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999) n'a d'influence sur les performances des enfants à cette épreuve de « planification ». Dans la perspective de Miyake et al. en revanche, la Tour de Londres ferait intervenir la fonction de Restriction. La comparaison de modèles d'équations structurales développés sur la base de ces propositions devrait ainsi permettre de préciser ce point.

Nous adoptons une approche identique à celle précédemment évoquée pour tenter de répondre à notre second objectif. Ainsi, nous comparons plusieurs modèles alternatifs postulant l'influence d'aucune, d'une seule ou de plusieurs des trois variables latentes correspondant aux trois fonctions inhibitrices sur les performances des enfants aux épreuves exécutives considérées. De façon plus précise et pour chacune des épreuves exécutives, un modèle postulant l'influence d'une ou de deux des trois fonctions inhibitrices – développé sur la base d'éléments théoriques - est comparé à plusieurs modèles alternatifs, dont ceux

---

[132] En effet, comme davantage de paramètres sont laissés libres dans le premier modèle « à trois facteurs corrélés », l'ajustement des autres modèles ne peut être meilleur comparé à celui du premier.

postulant l'influence des trois fonctions, ou d'aucune d'entre elles. Afin de nous assurer de la stabilité de l'organisation précédemment mise en évidence, relative à la structure des fonctions de l'inhibition, les corrélations entre les trois variables latentes sont laissées libres (voir notamment Miyake & al., 2000).

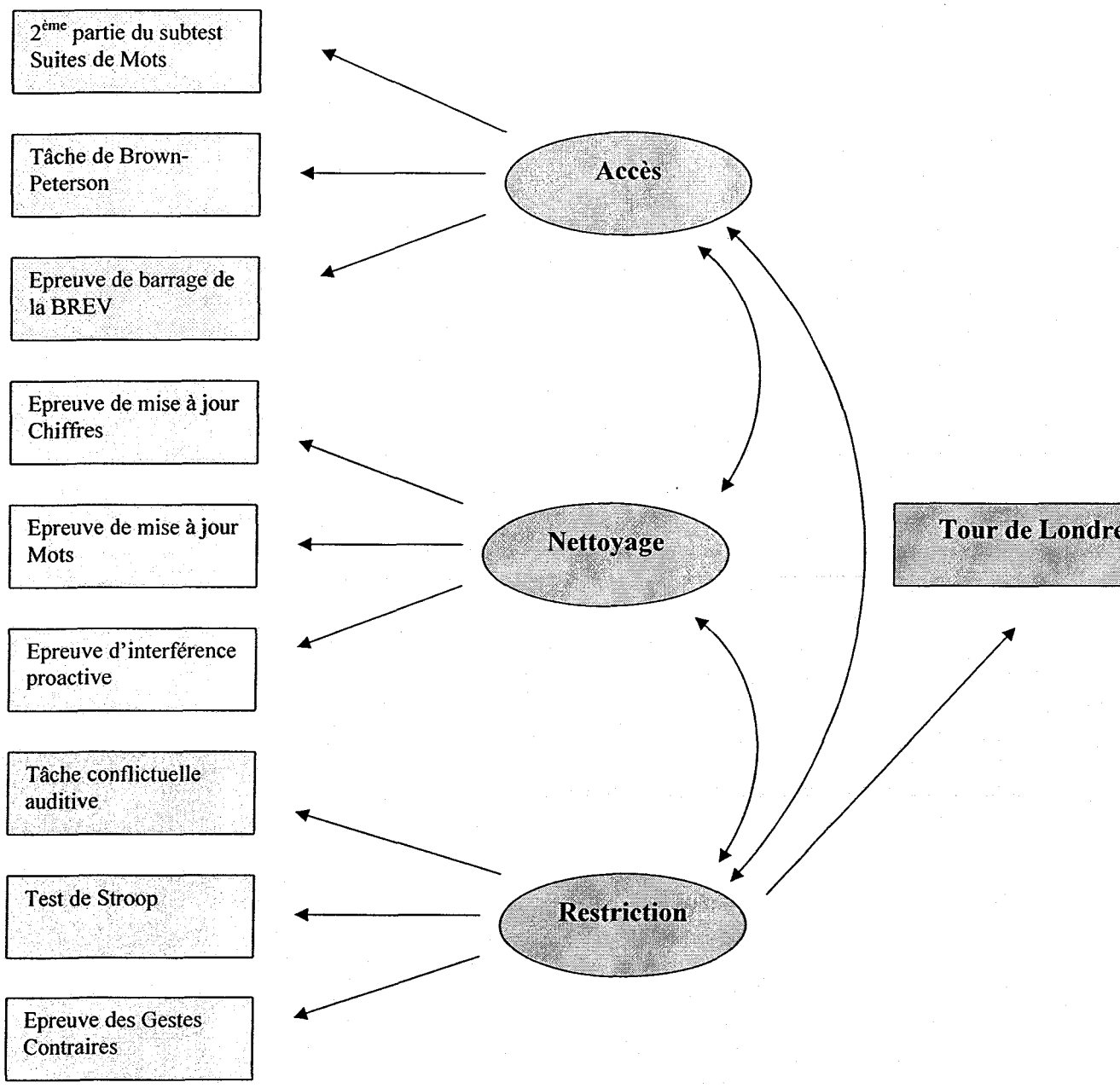
Nous émettons l'hypothèse de contributions différentielles des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants aux épreuves exécutives évoquées, avec toutefois quelques réserves en ce qui concerne le test de la Tour de Londres. De manière plus précise, nous nous attendons :

- premièrement et comme nous l'avons évoqué juste avant, à ce que les performances des enfants à l'épreuve de la Tour de Londres ne dépendent d'aucune des trois fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Les résultats des analyses en composantes principales effectuées sur la base des données de notre seconde étude suggèrent en effet que la Tour de Londres se distingue des autres épreuves utilisées, dont nous postulons qu'elles ont en commun d'impliquer un contrôle inhibiteur. Néanmoins, Miyake et al. (2000) ont montré chez des étudiants qu'une stratégie dite « perceptuelle » est fréquemment utilisée lors de la résolution de cette tâche, où chaque déplacement vise à se rapprocher, d'un point de vue perceptif, de la configuration finale. Il s'agirait alors pour le sujet d'inhiber cette stratégie prédominante, en tant qu'elle est inadaptée au regard de la consigne. Dans cette perspective, on devrait s'attendre à ce que les performances des enfants à la Tour de Londres soient influencées par le facteur 'Restriction' (figure 6.5) ;

- deuxièmement, à ce que les résultats des enfants à la tâche d'empan à l'envers dépendent essentiellement des variables 'Nettoyage' et 'Restriction'. Cette épreuve implique en effet une mise à jour constante des contenus de la mémoire de travail. Elle requiert également l'inhibition du rappel sériel des items, qui constituerait la stratégie de réponse prédominante (figure 6.6) ; et

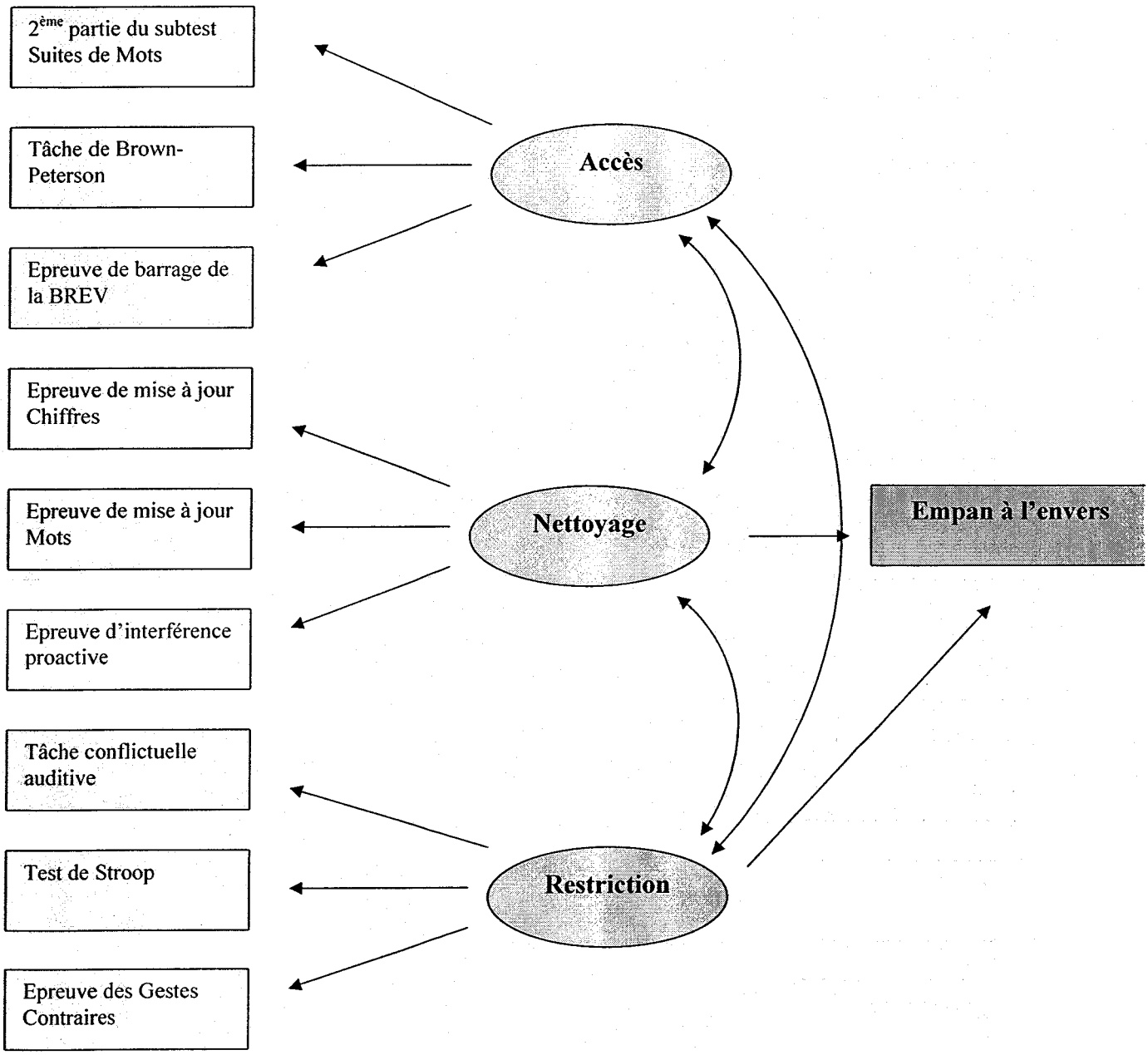
- troisièmement, à ce que les scores des enfants aux épreuves de fluence verbale soit influencés par les variables 'Restriction' et 'Accès'. Ces tâches, couramment utilisées pour évaluer la flexibilité spontanée, requièrent l'évocation d'aspects moins familiers de la connaissance au détriment des réponses plus habituelles et plus automatiques ; elles requièrent également l' « inhibition », ici entendue comme le maintien hors de la mémoire de travail des items non pertinents au regard des consignes (figure 6.7). Enfin et si tant est qu'il soit explicitement demandé aux sujets de ne fournir qu'une seule fois un même mot (ce qui ne fut pas le cas dans notre étude), les épreuves de fluence verbale feraient également intervenir la fonction de Nettoyage de la mémoire de travail (voir notamment Postal & Goutterod, 2001).

Figure 6.5 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à la Tour de Londres



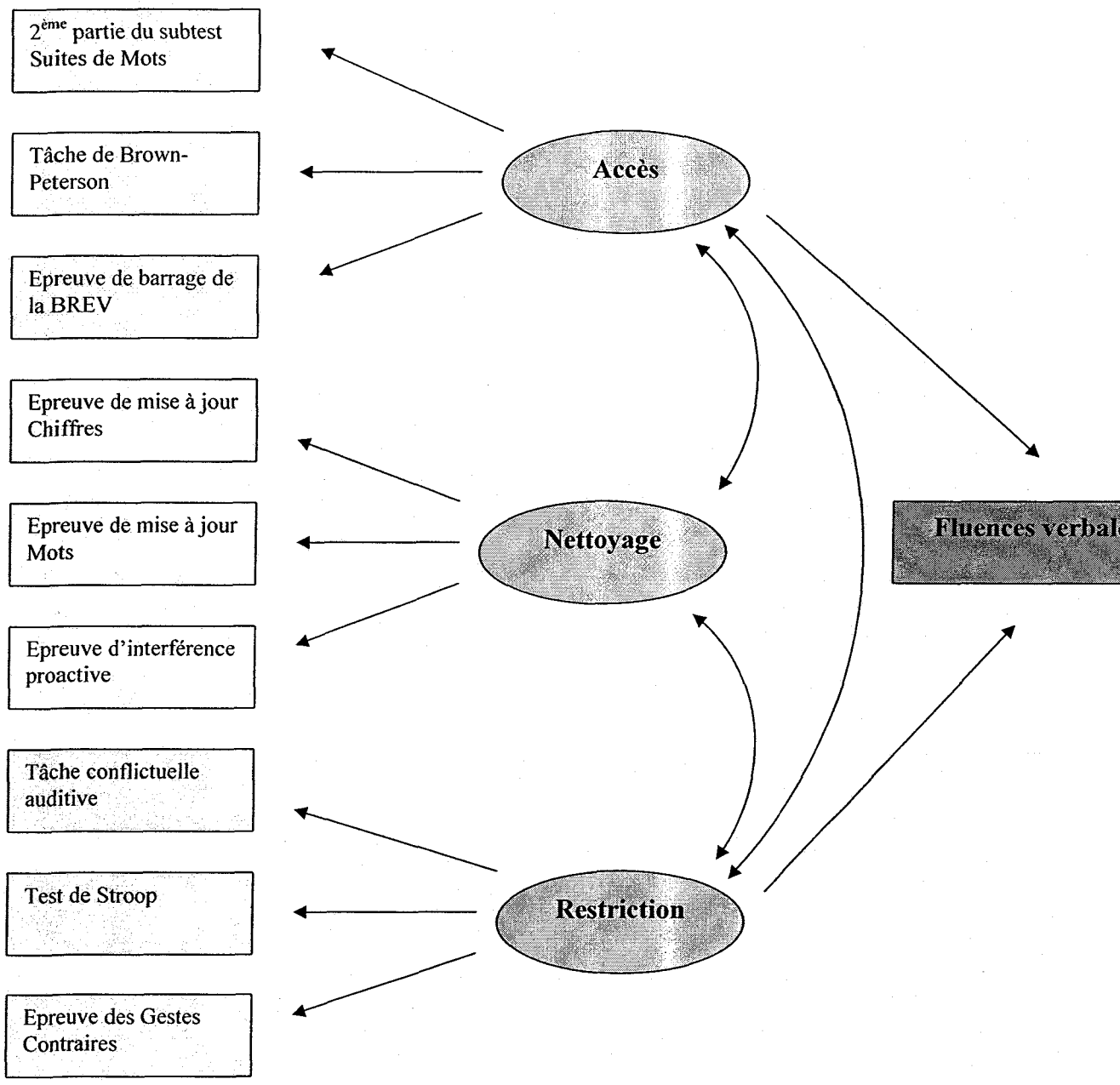
La figure 6.5 représente le modèle développé pour éprouver l'hypothèse selon laquelle les performances des enfants à la Tour de Londres sont influencées par la fonction inhibitrice de Restriction, comme le postulent Miyake et al. (2000) chez des adultes jeunes. D'après les résultats des ACP réalisées au cours de notre seconde étude en revanche, cette épreuve ne mettrait pas en jeu l'inhibition, et donc ne ferait intervenir aucune des trois fonctions inhibitrices. Dans cette perspective, la flèche liant la fonction de Restriction à l'épreuve de la Tour de Londres devrait être enlevée.

Figure 6.6 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers



La figure 6.6 représente le modèle développé pour éprouver l'hypothèse selon laquelle les performances des enfants dans l'épreuve d'empan à l'envers dépendent des fonctions inhibitrices de Nettoyage et de Restriction.

Figure 6.7 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants dans les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique



La figure 6.7 représente le modèle développé pour éprouver l'hypothèse selon laquelle les performances des enfants dans les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique sont influencées par les fonctions inhibitrices d'Accès et de Restriction.

3. Population et méthodes

Nous présentons dans cette partie l'échantillon constitué pour notre troisième étude. Nous décrivons également, en justifiant leur emploi, les différentes épreuves qui ont été proposées aux enfants, ainsi que les conditions dans lesquelles ces derniers ont été évalués.

3.1. Population

Pour répondre à nos objectifs, nous avons fait le choix d'évaluer des enfants nés à terme ou prématurés scolarisés en classe de CE2. Comme nous ne disposions pas de normes pour les épreuves employées pour évaluer les trois fonctions inhibitrices et pour celles plus complexes déjà utilisées dans notre seconde étude, nous avons jugé nécessaire de nous limiter à une seule classe d'âge. Celle des élèves de CE2 nous semblait appropriée en tant que : d'une part, ces enfants ont acquis les savoirs et savoir-faire scolaires de base – qui sont nécessaires à la réalisation des épreuves proposées -, et d'autre part, des évaluations sont réalisées à l'échelle nationale à l'entrée au CE2, qui concernent les performances des enfants en français et en mathématique et autorisent des comparaisons.

Le recrutement des enfants anciens prématurés et celui des enfants nés à terme a été effectué de la même façon que lors de notre seconde étude.

3.1.1. Recrutement des enfants nés prématurément

Par l'intermédiaire du service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, nous avons pu contacter les familles de 142 enfants nés prématurés – « retrouvées » parmi les familles de 240 enfants pour lesquels nous disposions de renseignements - qui étaient nés entre le premier janvier et le 31 décembre 1996 et avaient séjourné au Service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy[133].

A la fin de l'été 2004, nous avons envoyé à ces familles une lettre détaillant notre projet de recherche et sollicitant leur participation. Pensant que cela pourrait permettre d'augmenter le taux de réponses positives, un examen médical de l'enfant était également proposé aux familles. Nous demandions aux parents de renvoyer, pour le cas où ils acceptaient de participer à l'étude, une déclaration de consentement signée. Dès réception de celle-ci, nous rappelions les familles pour fixer le jour et le lieu[134] de l'évaluation.

---

[133] Comme lors de notre seconde étude, nous disposions des adresses et coordonnées téléphoniques des familles à la date de naissance de(s) l'enfant(s), ainsi que des dates de naissance, âges gestationnels et poids de naissance de ces derniers.

[134] L'évaluation était généralement effectuée au service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy mais pouvait également, si les parents le préféraient, être réalisée à leur domicile.

Une fois encore, plusieurs familles ont répondu à notre courrier en signifiant leur refus de participer à l'étude. Par ailleurs, une famille qui avait répondu positivement à notre requête ne s'est pas présentée le jour du rendez-vous.

Finalement, nous avons pu rencontrer 63 enfants anciens prématurés nés en 1996 qui avaient été hospitalisés au Service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. La grande majorité d'entre eux était indemne de séquelle neurologique. Un enfant présentait un retard global de développement ; l'évaluation prévue se révéla impossible. Parmi les 62 enfants restant, 11 avaient redoublé une ou plusieurs classes, deux étaient scolarisés avec un an d'avance.

3.1.2. Recrutement des enfants nés à terme

Comme lors de notre précédente étude et après avoir reçu l'accord des autorités académiques, nous avons sollicité – et également obtenu - l'accord de l'Inspection de l'Education Nationale de la circonscription de Jarville, puis celui des directeurs de plusieurs écoles primaires de cette circonscription. Néanmoins et souvent arguant de la longueur des évaluations prévues, plusieurs professeurs de classes de CE2 n'ont pas répondu à notre demande. D'autres ont accepté à la condition que quelques élèves seulement, et non l'ensemble des élèves de la classe, participent à l'étude. Face à ces « complications » inattendues, nous avons également sollicité auprès de sa Directrice l'autorisation d'intervenir dans une école privée de la ville de Nancy. Mais là encore, nous n'avons pu rencontrer qu'un petit nombre d'enfants. De fait, la constitution du groupe des enfants nés à terme s'est révélée beaucoup moins aisée, et alors beaucoup plus longue, que lors de notre seconde étude .

Finalement, nous avons pu évaluer 42 enfants « témoins », tous scolarisés dans la classe attendue pour leur âge sauf un qui avait redoublé une classe. Trente sept de ces enfants étaient scolarisés dans des écoles de la circonscription de Jarville ; par ailleurs, 5 enfants étaient scolarisés dans un groupe scolaire privé de Nancy.

3.2. Epreuves utilisées

Nous avons évoqué, dans le second chapitre (paragraphes 9.1, 9.2 et 9.3), plusieurs épreuves dont nous pensons qu'elles permettent d'évaluer l'une ou l'autre des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Nous rappelons à présent les principes des tâches employées pour cette troisième étude, ainsi que les raisons qui ont conduit à leur choix.

Nous souhaitons simplement préciser que plusieurs épreuves informatisées auraient pu, selon nous, se trouver justifiées pour l'évaluation des fonctions inhibitrices. Néanmoins et pour des raisons financières essentiellement, nous ne les avons pas utilisées. De fait, les épreuves « papier-crayon » employées pour cette étude ont pour la plupart été adaptées d'épreuves existantes, qui ne nécessitent pas ou seulement peu de matériel.

Il est également à noter que deux des épreuves exécutives utilisées au cours de notre seconde étude ont été reprises pour l'évaluation des trois fonctions inhibitrices. Il s'agit du subtest Suites de Mots du K-ABC employé ici pour appréhender la fonction d'Accès d'une part, de l'épreuve des Gestes Contraires dont il nous semble qu'elle constitue une mesure pertinente de l'efficacité de la fonction de Restriction d'autre part.

Les résultats des analyses factorielles confirmatoires montrent que ces deux épreuves mesurent bien ce pour quoi nous les avons employées.

Ces épreuves sont maintenant abordées selon la fonction qu'elles permettent d'évaluer.

3.2.1. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction d'Accès

Selon la perspective de certains, dont de Ribaupierre et al. (2003), le paradigme d'amorçage négatif pourrait permettre d'appréhender la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail. Selon l'auteur en effet, cette épreuve nécessiterait que le stimulus distracteur présenté - de façon concomitante avec le stimulus cible - lors de l'essai d'amorçage soit inhibé au moment de l'encodage. Néanmoins, la nature des processus à l'œuvre dans l'effet d'amorçage négatif demeure l'objet de débats, et la validité de ce paradigme est actuellement remise en question (voir notamment Coulon, 2002). En conséquence, nous avons fait le choix de ne pas utiliser cette épreuve pour évaluer la fonction inhibitrice d'accès, et lui avons préféré le subtest Suites de Mots du K-ABC (dans sa seconde partie), la tâche de Brown-Peterson et une épreuve de barrage, en l'occurrence celle de la BREV.

• Le subtest Suites de Mots de la batterie K-ABC (Kaufman & Kaufman, 1983, version française, 1993) implique que l'enfant, suite à la présentation de séquences de plus en plus longues de mots, désigne les dessins représentant ces mots dans l'ordre dans lequel ils lui ont été présentés. Dans la seconde partie de ce subtest déjà utilisée pour notre seconde étude, une tâche distractrice est introduite entre la présentation des items et leur rappel, qui consiste pour l'enfant à dénommer des couleurs pendant 5 secondes.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de séquences rappelées dans la seconde partie (condition Distraction) du subtest.

Le subtest Suites de Mots est analogue à l'épreuve clinique développée par Luria (1966) pour l'évaluation neuropsychologique de patients frontaux (Kaufman & Kaufman, 1993b). Elle permet d'apprécier la « résistance à l'interférence » et plus précisément, selon nous, l'efficience de la fonction d'accès.

• Le paradigme de Brown-Peterson implique le rappel de séquences d'items (consonnes ou chiffres la plupart du temps) suivant un délai variable comblé ou non par une tâche distractrice (voir notamment Bherer & al., 2001). Dans l'adaptation de cette épreuve proposée aux enfants rencontrés pour cette étude, nous leur énoncions des trigrammes de consonnes monosyllabiques – *i.e.*, toutes, sauf W -. Ces trigrammes étaient composés « aléatoirement » ; nous nous assurions cependant qu'ils ne forment pas d'acronymes courants. Dans une première condition dite Contrôle, l'enfant devait rappeler les trois consonnes dans l'ordre, après un délai de 5 ou 10 secondes. Dans la seconde condition dite Interférence, il était demandé à l'enfant, durant le délai précédent le rappel des séquences de consonnes, de taper avec un doigt sur la table le plus rapidement possible. Chacune de ces deux conditions comportait 10 items.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre total de trigrammes rappelés dans la condition Distraction.

Différentes tâches perturbatrices sont habituellement utilisées avec cette procédure, qui peuvent interférer de façon plus ou moins importante avec la tâche primaire (*i.e.,* le rappel différé des items) selon la quantité de ressources qu'elles requièrent. Compte tenu notamment du jeune âge des enfants évalués dans le cadre de notre étude, nous avons choisi une tâche distractrice relativement simple, et donc moins perturbatrice comparée à d'autres telles qu'additionner des chiffres. Nous ne pensons pas que cette tâche distractrice empêche réellement la répétition du matériel présenté ; d'ailleurs et en même temps qu'ils tapaient sur la table, plusieurs enfants répétaient à voix haute les trigrammes de consonnes. Nous postulons cependant que dans cette condition Distraction, les informations distractrices générées doivent être gardées hors de la mémoire de travail, afin de ne pas interférer avec le traitement des items activés au sein de celle-ci. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que le paradigme de Brown-Peterson tel qu'appliqué pour cette étude met en jeu la fonction inhibitrice d'Accès.

• Dans l'épreuve de barrage de la batterie BREV (Vol, Billard, Gillet, Galloux, Pointeau, Pierre, El Hasnaoui, Tichet, 2000), l'enfant doit barrer en une minute le maximum de « 3 » - sur 27 présentés - d'une page format A4 (21 * 30 cm) comportant 16 lignes de chacune 12 chiffres, soit 192 chiffres au total.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de « 3 » barrés en une minute, ainsi que le nombre d'erreurs commises, à savoir le nombre de chiffres autres que celui cible barrés.

Cette épreuve, comme toutes celles dites « de barrage », permet d'évaluer les capacités d'attention sélective. Elle requiert de l'enfant qu'il focalise son attention sur l'information cible (le chiffre 3), tout en ignorant celle distractrice (les autres chiffres). De fait, nous avions émis l'hypothèse selon laquelle cette épreuve devait impliquer la fonction inhibitrice d'Accès. Toutefois et sur la base d' « essais » effectués dans un temps préalable, l'épreuve de barrage n'a pas été retenue dans la suite des analyses. Des comparaisons de modèles d'équations structurales ont été réalisées, qui montrent que les performances des enfants à cette épreuve ne dépendent d'aucune des trois variables latentes considérées, qui correspondent aux trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999).

3.2.2. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction de Nettoyage

Nous avons abordé dans le chapitre 2 trois types d'épreuves qui, selon nous, permettent d'appréhender la fonction de nettoyage des informations en mémoire de travail. Il s'agit du paradigme d'oubli dirigé, des épreuves d'interférence proactive et des tâches dites de « mise à jour ».

Nous avons soumis quelques enfants parmi les premiers rencontrés dans le cadre de cette étude à une épreuve d'oubli dirigé. Pour celle-ci, nous avons présenté aux enfants une première liste de 4 mots (Liste A) que nous leur avons ensuite demandé d'oublier, arguant une erreur. Nous leur avons ensuite présenté une seconde liste également composée de 4 mots (Liste B) que les enfants étaient invités à retenir. Il était enfin demandé aux enfants de rappeler les mots de la première liste.

Toutefois, deux problèmes se sont posés avec cette épreuve, dont l'un n'avait pas été prévu. Ainsi, certains des enfants à qui elle a été proposée sont apparus quelque peu troublés par les demandes de la tâche. Par ailleurs, l'interprétation des résultats à cette épreuve nous

semble malaisée, en tant que le nombre de mots de la liste A rappelés devrait être d'autant plus faible que la fonction de Nettoyage est efficace. En conséquence, nous avons décidé de ne pas conserver cette épreuve pour l'étude.

Nous avons alors retenu, pour l'évaluation de la fonction de Nettoyage, deux épreuves de « mise à jour », l'une impliquant des chiffres et l'autre des mots, ainsi qu'une épreuve d'interférence proactive.

• Dans l'épreuve de « mise à jour Chiffres », 6 séquences aléatoires de 3 à 7 chiffres étaient présentées à l'enfant, sans que celui-ci soit averti de la longueur d'une séquence donnée. Suivant chaque séquence présentée, l'enfant avait pour consigne de ne rappeler que les trois derniers chiffres, dans l'ordre dans lequel ils avaient été énoncés.

Une phase de familiarisation était réalisée préalablement avec 6 séquences comportant de 2 à 6 chiffres, suivant lesquelles l'enfant devait rappeler les deux derniers chiffres.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de réussites dans la condition « 3 chiffres ».

L'enfant devait donc, dans cette tâche telle qu'elle lui a été proposée, retenir - garder actif en mémoire - les trois premiers chiffres énoncés, puis actualiser le contenu de la mémoire de travail à chaque fois qu'un item supplémentaire lui était présenté, en rejetant l'item le plus ancien et en ajoutant le plus récent à la liste mémorisée[135] (Morris & Jones, 1990). Ce type d'épreuve impliquerait, outre la bouche phonologique à l'œuvre dans le rappel sériel des informations, l'une des composantes de l'administrateur central de la mémoire de travail (Morris & Jones, 1990). Celle-ci contribuerait spécifiquement au processus de mise à jour, ici entendu comme renvoyant à la suppression active des items devenus non pertinents (Van der Linden & al., 1994).

• Dans l'épreuve de « mise à jour Mots » (adaptée de Yntema, 1963, cité par Miyake & al., 2000), nous présentions à l'enfant 6 séquences aléatoires de 3 à 8 mots appartenant à deux catégories sémantiques : Animaux et Vêtements. L'enfant avait pour consigne, à la fin de chaque séquence, de ne rappeler que le dernier membre de chacune des deux catégories.

Avant que la tâche ne commence, nous nommions à l'enfant les six exemplaires possibles de chacune des deux catégories utilisées (chien, chat, cheval, tigre, éléphant et ours ; et pantalon, jupe, short, pull, chemise et bonnet).

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de réussites.

Comme pour l'épreuve de « mise à jour Chiffres », nous considérons que la fonction de Nettoyage est ici requise pour l'actualisation des items gardés actifs en mémoire de travail. A chaque fois qu'un nouvel item était énoncé à l'enfant, celui-ci devait en effet rejeter de la mémoire de travail le dernier mot appartenant à la même catégorie sémantique qui lui avait été présenté.

• Dans l'épreuve d'interférence proactive, nous présentions à l'enfant une première série de trois mots qu'il devait rappeler, suivie d'une seconde série de trois mots qu'il rappelait également, et ce, à trois reprises.

---

[135] Nous aurions toutefois dû nous assurer, comme l'ont fait Miyake et al. (2000), qu'un processus continu de mise à jour était mis à l'œuvre en demandant aux enfants d'énoncer à voix haute, à chaque fois qu'un nouveau chiffre leur était présenté, les trois derniers chiffres mémorisés de la liste. Par exemple, si la séquence présentée était : « 3, 5, 6, 2 et 1 », alors les enfants auraient dû énoncer : « 3 », puis « 3, 5 », puis « 3, 5, 6 », puis « 5, 6, 2 », et enfin « 6, 2, 1 ».

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de secondes listes correctement rappelées.

L'interférence proactive fait référence aux effets délétères d'un premier apprentissage sur un second. Or, nous avons vu que l'inhibition est impliquée dans la capacité à résister aux interférences. De façon plus précise, nous postulons que la fonction de Nettoyage est requise dans les épreuves d'interférence proactive. En effet, les mots de la première liste deviennent non pertinents dès leur rappel ; ils doivent donc être rejetés de la mémoire de travail suivant celui-ci. De fait, l'efficience de la fonction de Nettoyage peut être appréhendée au travers du nombre d'intrusions des mots de la première liste lors du rappel des mots de la seconde liste, ou encore au travers du nombre de mots de la seconde liste correctement rappelés. Afin que, pour l'ensemble des épreuves évaluant cette fonction, des scores élevés soient le signe d'une plus grande efficacité, nous avons considéré pour cette épreuve le nombre de fois où l'ensemble des mots de la seconde liste était rappelé.

3.2.3. Epreuves utilisées pour évaluer la fonction de Restriction

Plusieurs processus inhibiteurs, qui peuvent eux-mêmes être appréhendés au travers de différents paradigmes, nous semblent associés à la fonction de restriction de l'accès à des réponses prédominantes. Ce serait le cas du contrôle de l'interférence motrice, de l'inhibition comportementale et de l'inhibition oculomotrice. Cette dernière est généralement mesurée par le biais de tâches d'antisaccade, qui sont informatisées. Pour mesurer la fonction de Restriction, nous avons alors choisi d'utiliser l'épreuve des Gestes Contraires déjà reprise lors de notre seconde étude, une tâche dite « conflictuelle » basée sur des informations auditives, ainsi que l'adaptation du test de Stroop de Albaret et Migliore (1999).

• L'épreuve des Gestes Contraires, que nous avons utilisée pour notre seconde étude, a déjà été décrite. Il s'agissait pour l'enfant, dans la condition Conflit, de frapper deux fois sur la table lorsque nous frappions une fois, et inversement de ne frapper qu'une fois lorsque nous frappions deux fois.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de réussites, sur les 20 items que comportait la partie Conflit.

Dans cette épreuve, l'enfant doit inhiber la réponse « prédominante » d'imitation des gestes effectués par l'examinateur, inappropriée au regard de la consigne.

• Le matériel utilisé dans la version du Stroop de Albaret et Migliore (1999) est composé de 3 feuilles blanches (cartes A, B et C) de format A4 (21 * 30 cm). Sur chacune de ces cartes sont figurées 10 rangées de 5 items (mots ou rectangles), soit 50 items au total.

La carte A est constituée de 4 noms de couleurs (vert, jaune, rouge, bleu) écrits en noir.

La carte B est composée des mêmes noms de couleurs, imprimés dans une couleur qui ne correspond pas à celle exprimée ; il s'agit de stimuli dits « incongruents ». Ces mots ne sont pas disposés dans le même ordre que sur la carte A.

La carte C comporte quant à elle des rectangles colorés, de mêmes couleurs que celles utilisées sur les autres cartes (vert, jaune, rouge, bleu).

Cette version comporte 4 conditions. Pour chacune d'entre elles, l'enfant doit lire ou dénommer les items de la carte qui lui est présentée, le plus vite possible dans un temps fixe de 45 secondes. S'il arrive en bas de la page, l'enfant est invité à reprendre depuis le début.

Dans la condition 1, l'enfant doit lire les mots de la carte A.

Dans la condition 2, l'enfant doit lire les mots de la carte B, sans tenir compte de la couleur de l'encre dans laquelle ils sont imprimés.

Dans la condition 3, l'enfant doit dénommer les couleurs des rectangles de la carte C.

Dans la condition 4 dite condition Interférence, l'enfant doit nommer les couleurs d'impression des mots de la carte B ; il doit alors prendre garde à ne pas lire les mots.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de couleurs dénommées dans la condition Interférence.

Le test de Stroop consiste à « mettre les sujets dans une condition d'interférence, où ils doivent inhiber une réponse automatique, la lecture, pour donner une réponse moins évidente qui est la dénomination de couleurs » (Albaret & Migliore, 1999, p.1). Il est admis que des processus inhibiteurs sont à l'œuvre dans cette tâche. De façon plus précise, celle-ci permet d'évaluer l'efficience du contrôle de l'interférence due à la compétition entre stimuli (Nigg, 2000 ; Barkley, 1997). Par là, cette épreuve nous semble particulièrement pertinente pour appréhender la fonction de Restriction, et ce, d'autant plus qu'elle présente des coefficients de validité et de fidélité satisfaisants (voir notamment Bestgen & Dupont, 2000).

• La tâche conflictuelle auditive proposée aux enfants lors de cette étude comportait deux conditions, l'une Contrôle et l'autre Conflit. Dans chacune de ces deux conditions, 20 items étaient soumis à l'enfant. Ceux-ci étaient constitués soit d'un son, soit de deux sons identiques présentés successivement. Dans la condition Contrôle, l'enfant devait taper une fois sur la table lorsqu'il entendait un son, deux fois lorsqu'il entendait deux sons. Dans la condition Conflit, il devait faire l'inverse, c'est-à-dire taper deux fois sur la table en présence d'un son, une fois en présence de deux sons.

Etait considéré pour cette épreuve le nombre de réussites dans la condition Conflit.

Dans cette épreuve comme d'ailleurs dans celle des Gestes Contraires, l'enfant doit réfréner une réponse relativement automatique d' « imitation », d'autant plus évidente qu'il s'agissait de la réponse requise dans la condition Contrôle. Nous postulons alors que cette tâche fait intervenir la fonction de Restriction.

Cherchant à déterminer quelle(s) fonction(s) inhibitrice(s) elles impliquaient, nous avons également soumis les enfants aux épreuves exécutives reprises dans notre seconde étude : épreuve d'empan à l'envers, tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique et Tour de Londres, pour laquelle l'implication de l'inhibition est cependant moins évidente.

• Dans l'épreuve d'empan à l'envers, qui permet de mesurer l'efficience de l'administrateur central de la mémoire de travail, l'enfant doit rappeler des séquences de chiffres dans l'ordre inverse. Pour cette épreuve, nous avons pris en compte le nombre de séquences correctement rappelées .

• Les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique permettent d'évaluer la flexibilité spontanée, ainsi que les processus stratégiques de recherche en mémoire sémantique. Dans l'épreuve de fluence catégorielle, l'enfant doit fournir en un temps limité le maximum d'exemplaires d'une catégorie sémantique donnée. Dans l'épreuve de fluence phonologique, il doit produire le maximum de mots commençant par une certaine lettre. Pour ces épreuves, nous avons considéré le nombre de mots (noms d'animaux ou mots commençant par la lettre M) produits en deux minutes.

• Dans le test de la Tour de Londres, deux supports de trois tiges et trois boules sont présentés à l'enfant. A partir d'une configuration de départ préétablie, celui-ci a douze modèles à reproduire en un minimum de déplacements. Il est admis que la Tour de Londres évalue les capacités de planification. Pour cette épreuve, nous avons tenu compte du nombre de modèles réussis au premier essai d'une part, du nombre total d'essais pour reproduire les douze modèles d'autre part.

Toujours dans l'objectif d'éclairer les rôles respectifs des trois fonctions attribuées à l'inhibition, les enfants rencontrés pour notre troisième étude ont également répondu aux subtests des échelles Séquentielle et Simultanée de la batterie d'intelligence K-ABC.

Toutes ces épreuves (épreuves exécutives impliquant un contrôle inhibiteur et subtests du K-ABC) ont déjà été décrites au cours des chapitres 4 et 5 ; nous renvoyons le lecteur à leur présentation.

3.3. Conditions d'évaluation

Comme cela fut le cas lors de la seconde étude que nous avons menée, les conditions d'évaluation différaient selon que les enfants étaient nés prématurés ou à terme.

Les enfants qui étaient nés prématurément ont, pour la majorité d'entre eux, été évalués dans les locaux du Service de Consultations de la Maternité Régionale de Nancy ; six enfants l'ont été à leur domicile. La passation des épreuves, d'une durée d'une heure trente au total, était effectuée avec l'enfant seul.

L'ordre de présentation des épreuves et les consignes données étaient identiques pour tous les enfants. Nous leur proposions tout d'abord les subtests du K-ABC selon le protocole prévu par le Manuel d'Administration et de Cotation de cette batterie (Kaufman & Kaufman, 1993a). Après une courte pause, les enfants répondaient aux différentes épreuves choisies pour apprécier l'efficience des trois fonctions postulées de l'inhibition. Leur étaient ainsi proposés, dans l'ordre : la tâche conflictuelle auditive, l'épreuve de mise à jour Chiffres, la tâche de Brown-Peterson, l'épreuve de mise à jour Mots, le Stroop, la tâche de barrage de la BREV, l'épreuve d'interférence proactive et enfin celle des Gestes Contraires. L'ordre de passation de ces épreuves a été établi « aléatoirement », en prenant garde cependant de ne pas proposer l'une à la suite de l'autre deux épreuves dont nous pensions qu'elles permettaient d'évaluer la même fonction. Enfin, les enfants passaient les épreuves plus complexes impliquant un contrôle inhibiteur – et donc, selon nous, l'une ou l'autre des trois fonctions inhibitrices -, à savoir, successivement : les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique, l'épreuve d'empan à l'envers et enfin la Tour de Londres.

Une fois l'ensemble des épreuves passées, nous rencontrions les parents afin de discuter avec eux de la façon dont l'évaluation s'était déroulée. Nous avons également transmis – par voie postale dans les jours suivant la rencontre - aux familles qui en avaient effectué la demande un compte-rendu écrit relatif à la passation effectuée.

Nous avons rencontré l'ensemble des enfants « témoins » - qui pour la grande majorité d'entre eux étaient nés à terme - dans une pièce disponible de leur école. Pour cette étude encore et de façon à interférer le moins possible avec les enseignements, la passation des épreuves a été effectuée lors de deux séances. Au cours de la première rencontre, les enfants répondaient aux huit subtests des Processus Mentaux de la batterie K-ABC. Lors de la deuxième rencontre, ils complétaient les différentes épreuves employées pour évaluer les trois fonctions octroyées à l'inhibition d'une part, et celles exécutives plus complexes d'autre part, dans l'ordre établi préalablement mentionné.

Une rencontre était également proposée aux parents qui souhaitaient obtenir quelque information sur le déroulement de l'évaluation ou sur la recherche entreprise.

Par ailleurs, nous avons demandé à l'ensemble des parents ou tuteurs légaux des enfants rencontrés pour cette étude de répondre à un questionnaire. Cette requête a été effectuée directement auprès des parents pour ceux que nous avons rencontrés à la Maternité Régionale de Nancy ou à leur domicile, ou par l'intermédiaire de l'enfant lorsque celui-ci était évalué dans les locaux de son école.

Ce questionnaire visait à obtenir quelques renseignements concernant l'enfant et sa famille. Nous notions tout d'abord, pour ce qui concerne l'enfant : ses âge gestationnel et poids de naissance, le nombre de frères et sœurs et le rang dans la fratrie ainsi que, le cas échéant, les mesures de prise en charge dont il bénéficiait et les classes passées ou redoublées. Nous demandions également les résultats, en français et en mathématiques, des évaluations nationales réalisées à l'entrée du CE2 ; malheureusement, nous n'avons pu les obtenir pour l'ensemble des enfants rencontrés dans le cadre de cette étude. Il était également demandé au père et à la mère de l'enfant d'indiquer le dernier diplôme qu'ils avaient obtenu et la dernière profession qu'ils avaient exercée, ainsi que la langue parlée à la maison. Enfin, les parents répondaient à 29 questions tirées des échelles de Connors déjà reprises pour notre seconde étude, sur une échelle à 5 points (allant de 'Non, pas vrai' à 'Oui, très vrai').

Tous les résultats et renseignements obtenus dans le cadre de cette étude ont été traités de manière à respecter l'anonymat des enfants et de leurs familles.

4. Résultats

Nous présentons dans un premier temps les résultats des analyses factorielles confirmatoires et des comparaisons de modèles d'équations structurales, réalisées afin d'éclairer l'organisation et le rôle des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999).

Dans un second temps et à la lumière des résultats obtenus par le biais des analyses confirmatoires, nous reprenons les comparaisons entre les différents groupes d'enfants distingués selon le statut à la naissance relatives à leurs performances dans les épreuves qui leur ont été proposées lors de cette étude.

Les familles de 63 enfants anciens prématurés, qui étaient nés entre le premier janvier et le 31 décembre 1996 et avaient été admis au Service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, ont accepté de participer à notre étude. Nous avons également rencontré, au sein d'écoles de la région, 42 élèves scolarisés en classe de CE2.

Parmi les 105 enfants rencontrés, l'un présentait un retard global de développement et d'importants problèmes moteurs et visuels, rendant impossible l'évaluation anticipée. Une autre, née avant 28 SA, a très rapidement au cours de notre rencontre manifesté le souhait d'arrêter la passation. Il n'a pas non plus été possible de faire passer l'ensemble des épreuves prévues à deux autres enfants : l'une, née à 29 SA, présentait une IMC ; l'autre, née avant 28 SA, présentait des troubles importants d'ordres cognitif et comportemental. Toutes deux étaient scolarisées en classe de CP.

De fait, les analyses factorielles confirmatoires et les comparaisons de modèles d'équations structurales ont été réalisées sur la base de données concernant 101 enfants. Comme il ne s'agissait pas ici de comparer les performances des enfants nés à terme à celles des enfants nés prématurément, nous avons pu considérer l'ensemble des enfants pour lesquels nous disposions de données valides, que ces enfants soient ou non scolarisés dans la classe attendue pour leur âge.

4.1. Organisation et rôle des fonctions inhibitrices

Nous nous intéressons tout d'abord à l'organisation des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Par le biais d'analyses factorielles confirmatoires, nous cherchons de façon plus précise à déterminer si ces trois fonctions peuvent être considérées comme unitaires, ou au contraire si elles doivent être clairement distinguées les unes des autres.

Nous souhaitons ensuite préciser les rôles respectifs de ces trois fonctions dans les performances des enfants aux épreuves exécutives utilisées dans notre seconde étude d'une part, dans leurs performances aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC d'autre part.

Préalablement, nous présentons la démarche statistique qui a prévalu à l'analyse des données.

4.1.1. Précisions concernant la démarche statistique

Les analyses factorielles confirmatoires et les analyses de modèles d'équations structurales ont été réalisées à l'aide du programme LISREL 8.0 de Jöreskog et Sörbom (1998).

Les analyses ont été effectuées sur la base de matrices de variances-covariances. Celles-ci ont été déterminées en excluant non pas toutes les observations qui étaient incomplètes, mais seulement les composantes non valides[136].

---

[136] Parmi les 101 enfants pris en compte pour les analyses qui suivent, un enfant né très grand prématuré qui souffrait de daltonisme n'a pas passé le test de Stroop. Ce fut également le cas pour un autre enfant né à terme qui présentait une dyslexie ; celui-ci n'a pas non plus répondu à l'épreuve de fluence phonologique - les excellentes performances réalisées par cet enfant nous laissent à penser que la forme de dyslexie qu'il présente

Les paramètres ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance.

Enfin, les indices et leurs valeurs considérés pour juger de l'adéquation des modèles aux données étaient les suivants :

- le $\chi 2$: cet indice rend compte du degré d'adéquation entre la matrice des covariances reproduites et la matrice des covariances observées. Une faible valeur de $\chi 2$ – inférieure à deux fois le nombre de degrés de liberté -, associée à une signification supérieure au seuil de 0,05, indique que l'ajustement est satisfaisant ;
- le RMSEA : l'ajustement est jugé satisfaisant si la valeur de cet indice est inférieure à 0,05, acceptable si elle est inférieure à 0,08 ;
- le SRMR : l'ajustement est d'autant meilleur que la valeur de cet indice est faible ; il est considéré comme satisfaisant lorsque sa valeur est inférieure à 0,08.
- l'AGFI : cet indice, ajusté pour les degrés de liberté, indique la proportion de variances et covariances dont rend compte le modèle. L'ajustement est d'autant meilleur que ce coefficient est proche de 1 ; on considère habituellement qu'il doit être supérieur à 0,90.

Pour cette étude et parce qu'il s'agit de modèles qui ne diffèrent entre eux que par le nombre de paramètres laissés libres, des tests portant sur la différence entre le $\chi 2$ associé à chacun des modèles alternatifs et le $\chi 2$ associé au modèle développé sur la base de la théorie, à savoir le modèle à « trois facteurs corrélés » dans le cas des analyses factorielles confirmatoires, ont été effectués afin de déterminer quel est le modèle qui s'ajuste le mieux aux données.

En ce qui concerne les analyses factorielles confirmatoires, le $\chi 2$ résultant, sur lequel porte le test, est calculé en soustrayant le $\chi 2$ obtenu avec le modèle « à trois facteurs corrélés » au $\chi 2$ obtenu pour le modèle alternatif ; le nombre de degrés de liberté associé à ce $\chi 2$ résultant est déterminé selon le même principe. Si le $\chi 2$ résultant est significatif, alors on peut considérer que le modèle « à trois facteurs corrélés » est celui qui s'ajuste le mieux aux données.

Par ailleurs, la méthode LISREL est sensible à l'asymétrie des distributions (Bacher, 1988). Parce que les scores des enfants à trois épreuves (en l'occurrence, à la tâche conflictuelle auditive, à l'épreuve de Brown-Peterson et à celle des Gestes Contraires) ne se distribuaient pas normalement, nous avons appliqué une procédure - alors légitime (Howell, 2003) - de winsorisation (ou de *trimming*) aux données. Ainsi et pour chacune de ces trois épreuves, les scores inférieurs (il n'y a eu aucun score supérieur 3 écart-types) à 3 écart-types sous la moyenne ont été remplacés par des valeurs égales à 3 écart-types sous la moyenne.

Cette procédure a concerné deux enfants ayant obtenu des scores légèrement inférieurs à 3 écart-types sous la moyenne à la tâche conflictuelle auditive, un autre ayant réalisé une performance très faible à l'épreuve de Brown-Peterson, et deux enfants ayant obtenu des scores à plus de 3 écart-types sous la moyenne à l'épreuve de Gestes Contraires. Ainsi et pour chacune des épreuves concernées, pas plus de 2% des observations ont été transformées. Suite à ces transformations, les différentes variables manifestes – hormis celle relative à l'épreuve des Gestes Contraires - présentaient un degré satisfaisant de normalité ; les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement présentés dans le tableau 6.1 permettent de juger de celui-ci.

---

n'a pas eu d'influence négative sur les autres épreuves passées-. Par ailleurs, les résultats au test de Stroop d'une enfant inclus dans le groupe des prématurés légers n'ont pas été considérés comme valides, en tant qu'elle souffrait d'une pathologie génétique et est apparue gênée lors de la lecture des items à voix haute. Enfin et pour des raisons temporelles essentiellement, plusieurs enfants n'ont pas répondu au test de la Tour de Londres.

Le tableau 6.1 fournit les principales statistiques descriptives (moyenne, écart-type, asymétrie et aplatissement) associées aux huit variables manifestes considérées pour les analyses factorielles confirmatoires et dans les modèles d'équations structurales, qui renvoient aux performances des enfants dans les huit épreuves supposées évaluer l'une ou l'autre des trois fonctions inhibitrices. Ces statistiques, et notamment les coefficients d'aplatissement et d'asymétrie, tiennent compte des transformations effectuées afin d' « améliorer la normalité » des distributions.

Tableau 6.1 : Statistiques descriptives relatives aux variables manifestes considérées dans les analyses factorielles confirmatoires et les modèles d'équations structurales
(N = 101)

	Moyenne	Ecart-type	Asymétrie	Aplatissement
Mise à jour Chiffres	3,42	1,61	-0,049	-1,211
Mise à jour Mots	4,30	1,42	-0,940	0,486
Interférence proactive	1,46	0,87	-0,204	-0,681
Tâche conflictuelle auditive	18,61	1,48	-1,352	1,395
Stroop	25,78	6,42	0,417	-0,331
Gestes Contraires	19,52	0,82	-2,233	5,933
Suites de Mots	2,39	1,64	0,296	-0,593
Brown-Peterson	7,73	1,75	-1,144	2,960

4.1.2. Unité *vs* diversité des trois fonctions attribuées à l'inhibition

L'objectif premier de notre troisième étude est de déterminer dans quelle mesure les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) peuvent être considérées comme renvoyant à un processus unique d'inhibition ou doivent être clairement différenciées. Concernant ce point, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle les trois fonctions inhibitrices devraient pouvoir être distinguées les unes des autres - cependant qu'elles ne seraient pas non plus totalement indépendantes -. Nous ne nous attendons donc pas à ce que ces fonctions soient fortement inter-corrélées. Nous pensons cependant que les fonctions d'Accès et de Nettoyage devraient être plus « proches », la seconde étant mise en jeu suite à un défaut de la fonction d'Accès.

Le modèle théorique développé pour répondre à cet objectif fait intervenir trois variables latentes, chacune correspondant à l'une des fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. Les variables manifestes sont représentées par les huit épreuves (l'épreuve de barrage n'ayant pas été retenue) employées pour évaluer ces trois fonctions. Dans ce modèle dit « à trois facteurs corrélés », les corrélations entre les variables latentes sont laissées libres.

Comme cela a été mentionné, il nous a semblé que la démarche à modèles compétitifs se trouvait particulièrement pertinente pour éprouver l'hypothèse formulée relative à l'organisation des fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al.

Dans cette perspective, nous comparons, sur la base de leurs indices d'adéquation, le modèle à « trois facteurs corrélés » avec plusieurs modèles qui ne diffèrent du premier que par le nombre de paramètres fixés.

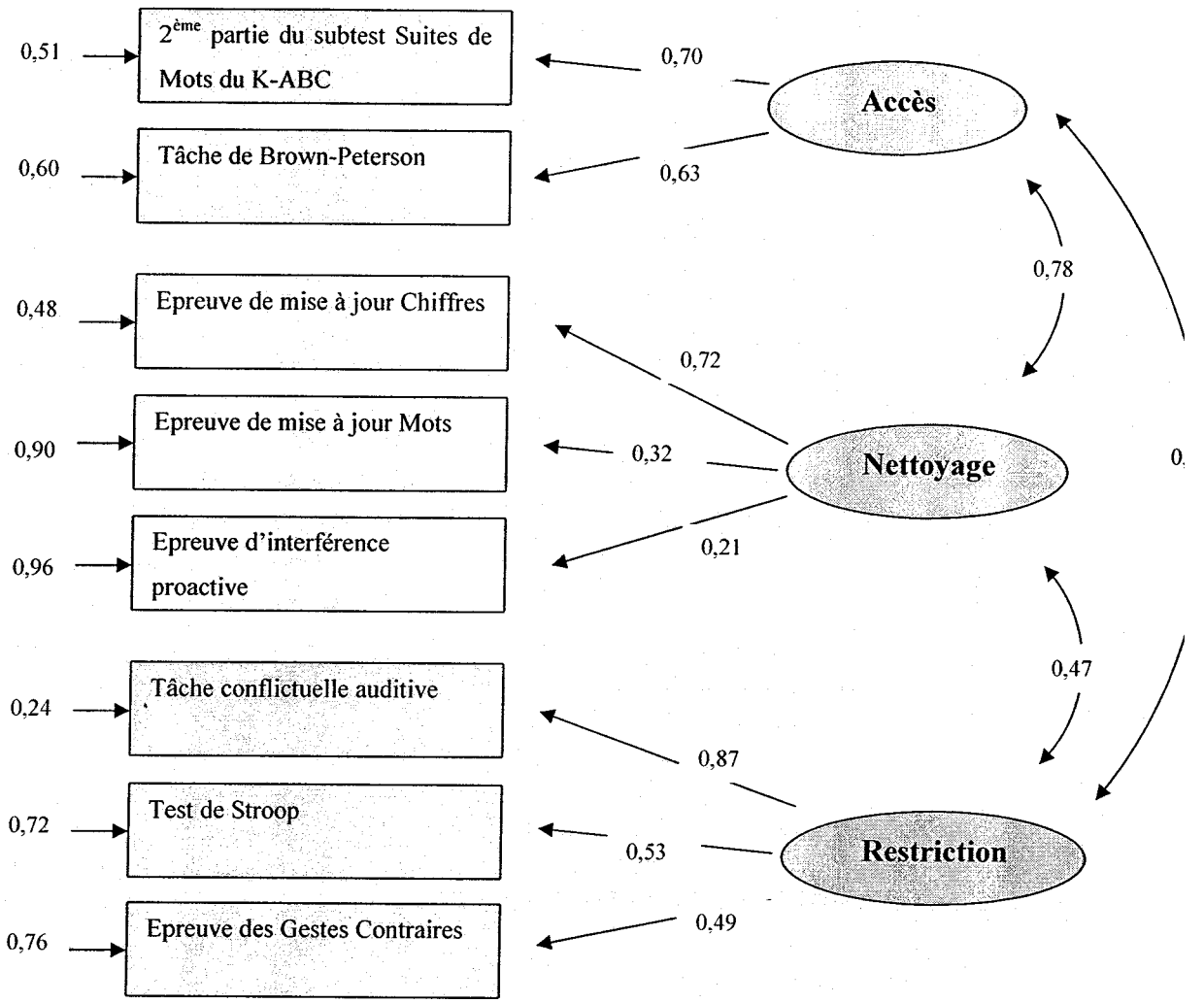
Ainsi, le modèle théorique de base est comparé à :

- un modèle à un facteur unique d'inhibition, créé en fixant l'ensemble des corrélations entre les trois variables latentes à 1 (cf. figure 6.2) ;
-
- un modèle à deux facteurs dans lequel les fonctions d'Accès et de Nettoyage sont considérées comme renvoyant à un même concept, créé en fixant la corrélation entre ces deux fonctions à 1 - en revanche, les autres corrélations sont laissées libres - (cf. figure 6.3) ; et enfin
-
- un modèle postulant l'indépendance des trois fonctions inhibitrices, dans lequel toutes les corrélations entre les variables latentes sont fixées à 0 (cf. figure 6.4).

La figure 6.8 représente les résultats des analyses confirmatoires réalisées sur la base du modèle « à trois facteurs corrélés ».

Les nombres à proximité des flèches simples reliant les trois variables latentes aux variables manifestes correspondent aux saturations de ces dernières sur les variables latentes – *i.e.*, sur les facteurs -. Les nombres associés aux doubles-flèches reliant les trois variables latentes correspondent aux corrélations entre celles-ci. Enfin, les nombres indiqués à gauche des rectangles symbolisant les variables manifestes correspondent aux erreurs de mesure qui leur sont associées. Pour chacune des tâches présentées, l'erreur de mesure indique la part de la variance des scores non expliquée par le facteur.

Figure 6.8 : Résultats des analyses factorielles confirmatoires : modèle « à trois facteurs corrélés »



Les indices d'adéquation de ce modèle « à trois facteurs corrélés » sont présentés dans le tableau 6.2. Celui-ci fournit également les indices relatifs aux modèles alternatifs auxquels a été comparé le premier modèle.

Tableau 6.2 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour les analyses factorielles confirmatoires
(N = 101)

Modèles	**ddl**	**$\chi 2$**	**Valeur de p (pour le $\chi 2$)**	**RMSEA**	**SRMR**	**AGFI**
1. Trois facteurs corrélés	**17**	**19,08**	**0,324**	**0,035**	**0,055**	**0,904**
2. Un facteur unique d'inhibition	20	41,53*	0,003	0,104	0,080	0,831
3. Deux facteurs corrélés	**19**	**20,47**	**0,367**	**0,028**	**0,058**	**0,908**
4. Trois facteurs indépendants	20	Paramètres non estimés				

* $p < .05$

Au regard des indicateurs fournis par le tableau 6.2, l'hypothèse selon laquelle les trois fonctions inhibitrices pourraient être unifiées en un processus global d'inhibition doit être rejetée. En effet, le $\chi 2$ produit par le modèle 2 créé en fixant les corrélations entre les variables latentes à 1 est significatif ($\chi 2 = 41,53$; ddl = 20 ; p = 0,003), ce qui rend compte d'une non-adéquation du modèle aux données.

De la même manière, il n'est pas possible de considérer que les fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) sont totalement indépendantes les unes des autres. Le décalage entre le modèle 4 « à trois facteurs indépendants » créé en fixant l'ensemble des corrélations entre les variables latentes à 0 et les données se traduit par une impossibilité d'estimation des paramètres.

A l'inverse, les indicateurs d'adéquation du modèle théorique de base dit « à trois facteurs corrélés » sont satisfaisants[137]. Ainsi, ce modèle produit un $\chi 2$ non significatif et nettement inférieur à deux fois le nombre de degrés de liberté auquel il est associé ($\chi 2 = 19,08$; ddl = 17 ; p = 0,324), ce qui signifie que la matrice des covariances reproduites ne diffère pas de la matrice des covariances observées. L'indice RMSEA est relativement faible, en tous cas inférieur à 0,05 (RMSEA = 0,035) – ce qui indique un très bon ajustement - ; de la même manière, le RMR standardisé est inférieur à 0,08 (SRMR = 0,055). Enfin, le modèle « à trois facteurs corrélés » rend compte de plus de 90% des variances et covariances (AGFI = 0,904).

---

[137] Parce que des liens non négligeables unissent les trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999), nous avons également voulu préciser les relations entre ces fonctions et un facteur général d'inhibition. Nous nous sommes alors intéressés aux résultats des analyses effectuées à partir d'un modèle dit « hiérarchique » (voir Bacher, 2002). Le modèle hiérarchique ne représente qu'une manière différente de formaliser les liens entre les différentes variables d'intérêt comparé au modèle « à trois facteurs corrélés » . De fait, la seule différence entre les deux modèles tient au fait que dans le modèle hiérarchique, des relations sont posées entre les trois fonctions inhibitrices et une variable latente d'ordre supérieur, qui renverrait à la notion générale d'inhibition. Les indices d'adéquation obtenus à partir du modèle « hiérarchique » sont égaux à ceux produits par le modèle « à trois facteurs corrélés ». Sur la base des analyses effectuées, il apparaît que la fonction de Nettoyage est celle qui est la plus fortement liée au facteur général d'Inhibition ($\gamma = 0,91$). La fonction d'Accès entretient également une relation forte avec ce facteur ($\gamma = 0,85$). En revanche, la fonction de Restriction, chargée de restreindre l'accès aux comportements prédominants mais inappropriés dans une situation donnée, est moins fortement liée à la notion globale d'Inhibition ($\gamma = 0,51$).

Ce modèle est illustré sur la figure 6.8. Tel que cela apparaît sur le schéma, les estimations des corrélations entre les trois variables latentes varient de 0,44 à 0,78. Comme attendu, la corrélation estimée entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage (r = 0,78) est plus élevée comparée aux estimations des corrélations entre les fonctions d'Accès et de Restriction (r = 0,44) d'une part, les fonctions de Nettoyage et de Restriction (r = 0,47) d'autre part.

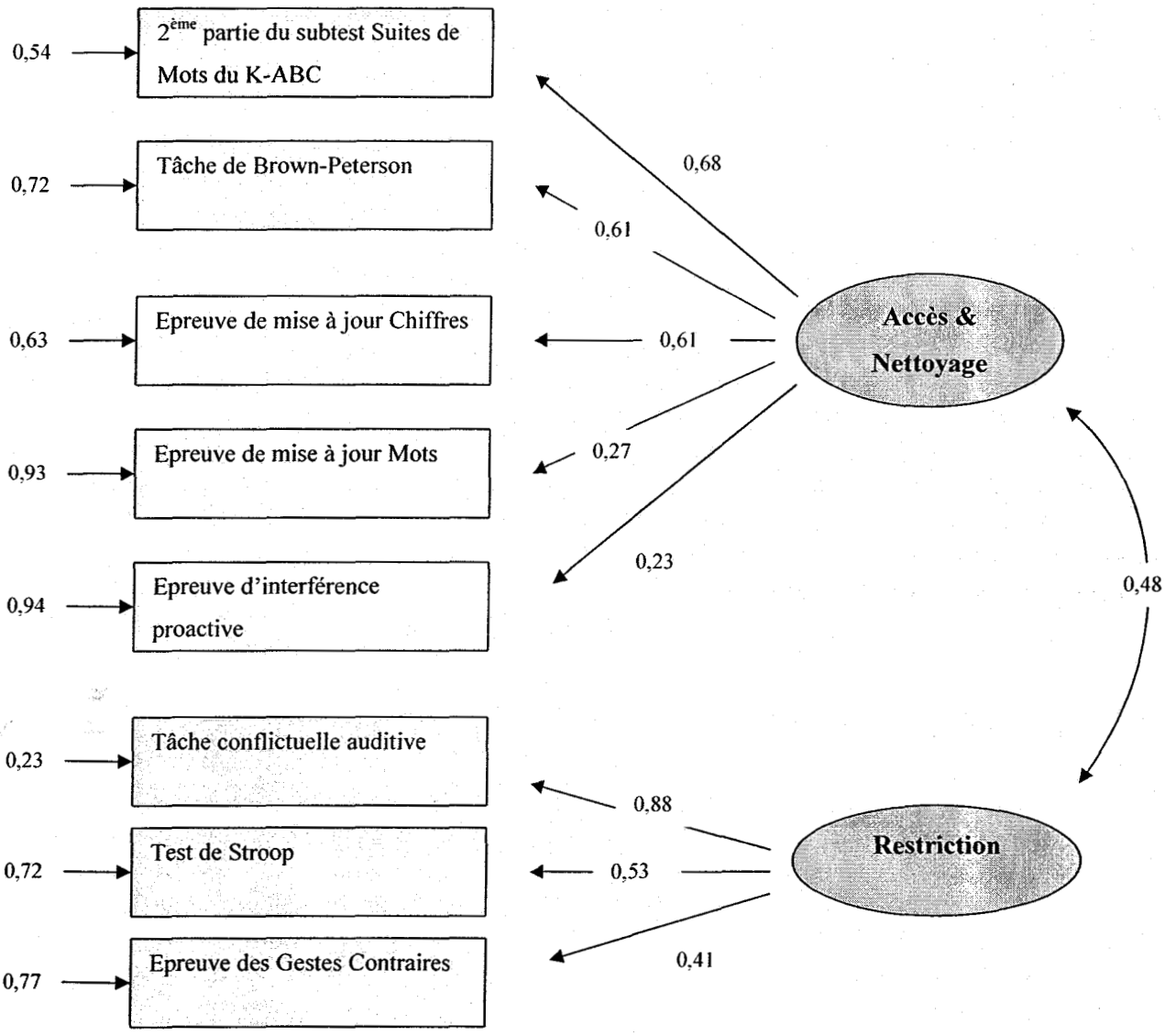
Il est également à noter que toutes les corrélations (coefficients λ de régression partiels réduits) entre les variables latentes et les variables manifestes sont significatives[138], hormis celle liant la fonction de Nettoyage à l'épreuve d'interférence proactive ($t = 1,70 < 1,96$).

Par ailleurs, nous avons comparé le modèle « à trois facteurs corrélés » à un modèle à deux facteurs – eux aussi corrélés -, créé en fixant la corrélation entre les variables latentes Accès et Nettoyage à 1. Ce modèle produit un $\chi 2$ qui n'est pas statistiquement moins bon que celui auquel aboutit le premier modèle « à trois facteurs corrélés ». Ainsi, la différence entre le $\chi 2$ associé au modèle 3 « à deux facteurs corrélés » et celui associé au modèle « à trois facteurs corrélés » est non significative : $\chi 2\ (2) = 20,47 - 19,08 = 1,39$ ($p > 0,05$). Le RMSEA associé au modèle 3 (RMSEA = 0,028) est inférieur à celui associé au modèle « à trois facteurs corrélés » ; à l'inverse, le RMR standardisé associé au modèle 3 (SRMR = 0,058) est légèrement supérieur à celui associé au modèle « à trois facteurs corrélés ». Enfin, la proportion de variances et covariances dont rend compte le modèle 3 (AGFI = 0,908) est légèrement supérieure à celle dont rend compte le modèle « à trois facteurs corrélés ».

La figure 6.9 représente les résultats des analyses factorielles confirmatoires réalisées sur la base de ce modèle « à deux facteurs corrélés ».

[138] Ainsi, la tâche de Brown-Peterson et la seconde partie du subtest Suites de Mots du K-ABC dépendent assez fortement de la fonction d'Accès. L'épreuve de « Mise à jour Chiffres » est aussi fortement sous l'influence de la fonction de Nettoyage. En revanche, cela n'est pas le cas en ce qui concerne la tâche d'interférence proactive. De fait, la majeure partie (96%) de la variance de cette variable n'est pas expliquée par le facteur Nettoyage. Enfin, la tâche conflictuelle auditive est fortement sous l'influence de la fonction de Restriction ; c'est aussi le cas, mais dans une moindre mesure, pour la condition Interférence du Stroop et pour l'épreuve des Gestes Contraires.

Figure 6.9 : Résultats des analyses factorielles confirmatoires : modèle « à deux facteurs corrélés »



Le modèle 3 « à deux facteurs corrélés » postule l'unité des fonctions inhibitrices d'Accès et de Nettoyage (figure 6.9). Sur la base des indices d'adéquation présentés dans le tableau 6.3, ce modèle peut être considéré comme aussi bon que le modèle développé à partir d'une revue de la littérature, dit « à trois facteurs corrélés ». Au regard de l'hypothèse que nous avons émise relative au lien – que nous supposions fort - entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage, ce modèle apparaît également recevable d'un point de vue théorique.

Sur la base des résultats des analyses factorielles confirmatoires réalisées, il semble bien que les trois fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al. sont séparables, dans une certaine mesure en tous cas : les fonctions d'Accès et de Nettoyage semblent en effet pouvoir être confondues. Néanmoins, ces trois fonctions ne peuvent être considérées comme totalement indépendantes les unes des autres. Ainsi, la diversité constatée au niveau des trois fonctions inhibitrices s'accompagne d'une unité à un niveau supérieur. En d'autres termes et en référence à Bacher (1987, p. 361), la notion globale d'inhibition évoquée dans la littérature comporte « plusieurs aspects plus limités qui ont cependant quelque chose en commun ».

En dépit du fait que le modèle « à deux facteurs corrélés » qui postule l'unité des fonctions d'Accès et de Nettoyage soit aussi satisfaisant que le modèle « à trois facteurs corrélés » non seulement en termes d'adéquation aux données mais aussi en termes de légitimité théorique, nous conserverons le modèle « à trois facteurs corrélés » pour la suite des analyses. Celles-ci visent à préciser les rôles respectifs des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. dans les performances des enfants aux épreuves exécutives déjà utilisées dans notre seconde étude d'une part, dans l'efficience cognitive globale appréhendée par les performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC d'autre part. Nous pensons que l'utilisation dans cette perspective du modèle « à trois facteurs corrélés » - tout en tenant compte du lien fort qui unit les fonctions d'Accès et de Nettoyage - pourrait aboutir à des résultats plus « précis ».

4.1.3. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans les épreuves exécutives

Etant établi que les trois fonctions inhibitrices peuvent dans une certaine mesure être considérées comme séparables, nous nous sommes intéressés à leurs contributions relatives dans les performances à plusieurs épreuves exécutives classiquement employées avec des populations infantiles et notamment avec des enfants anciens prématurés : épreuve d'empan à l'envers, tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique, Tour de Londres. En effet, les analyses en composantes principales effectuées sur la base des données issues de notre seconde étude suggèrent que ces épreuves, hormis la Tour de Londres - contrairement à ce qu'ont observé Miyake et al. (2000) -, ont pour point commun d'impliquer un contrôle inhibiteur.

4.1.3.1. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans l'épreuve d'empan à l'envers

En ce qui concerne l'épreuve d'empan à l'envers, nous nous attendions à ce que les résultats des enfants soient influencés par les fonctions inhibitrices de Nettoyage et de Restriction. En effet, cette épreuve requiert que les contenus de la mémoire de travail soient actualisés de façon continue. Elle nécessite également l'inhibition du rappel des items dans l'ordre dans lequel ils ont été énoncés, qui pourrait constituer la stratégie de réponse dominante.

Le tableau 6.3 présente les principaux indicateurs d'adéquation des différents modèles qui ont été développés afin de préciser les contributions relatives des fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers.

Le modèle 1, développé à partir d'éléments théoriques, postule que les scores des enfants à cette épreuve dépendent des fonctions de Nettoyage et de Restriction. Sur la base des indices d'adéquation, ce premier modèle est comparé au modèle 2 qui postule que les trois fonctions inhibitrices ont une influence sur les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers, ainsi qu'au modèle 3 qui, à l'inverse, ne postule l'influence d'aucune de ces fonctions. Enfin, le premier modèle est également comparé à deux autres modèles ne postulant l'influence que d'une seule des deux fonctions évoquées. Il s'agit en l'occurrence du modèle 4 qui postule l'influence de la seule fonction de Nettoyage, et du modèle 5 qui postule l'influence de la seule fonction de Restriction.

Tableau 6.3 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve d'empan à l'envers (N = 101)

Modèles	**ddl**	**$\chi 2$**	**valeur de p (pour le $\chi 2$)**	**RMSEA**	**SRMR**	**AGFI**
1. Les fonctions de Nettoyage et de Restriction ont une influence	23	25,48	0,326	0,033	0,060	0,895
2. Les trois fonctions ont une influence	22	25,04	0,295	0,037	0,061	0,892
3. Aucune fonction n'a d'influence	25	55,08	0,000*	0,110	0,139	0,804
4. La fonction de Nettoyage a une influence	**24**	**25,62**	**0,373**	**0,026**	**0,060**	**0,899**
5. La fonction de Restriction a une influence	24	47,28	0,003*	0,098	0,083	0,822

* $p < .05$

Au regard des données présentées dans le tableau 6.3., deux des cinq modèles développés relatifs aux rôles des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers doivent être rejetés. Il s'agit du modèle 3 qui ne postule l'influence d'aucune des trois fonctions de l'inhibition, et du modèle 5 selon lequel les performances des enfants dans l'épreuve d'empan ne dépendent que de la seule fonction de Restriction. Dans les deux cas, ces modèles produisent des $\chi 2$ hautement significatifs.

Le modèle développé sur la base de considérations théoriques pour préciser les contributions des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers postule l'influence des fonctions de Nettoyage et de Restriction. Ce modèle produit des indices d'ajustement satisfaisants. Le $\chi 2$ est nettement inférieur à deux fois le nombre de degrés de liberté auquel il est associé, et est non-significatif ($\chi 2 = 25,48$; ddl = 23 ; p = 0,326). L'indice RMSEA est inférieur à 0,05 (RMSEA = 0,033) et le RMR standardisé à 0,08 (SRMR = 0,060). Enfin, l'AGFI est proche de 0,90 (AGFI = 0,895). Ces

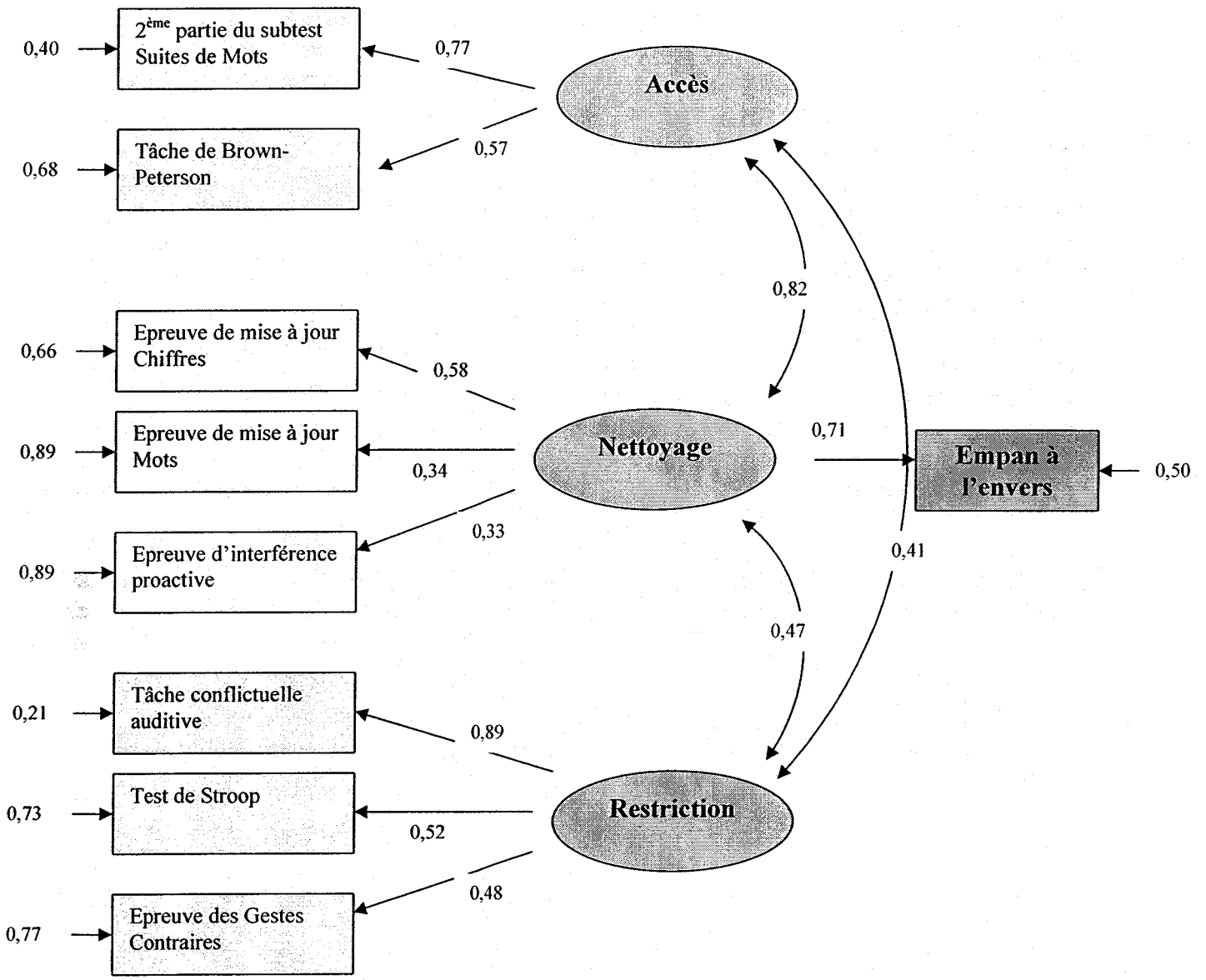
mêmes remarques valent pour le modèle 2 postulant que les trois fonctions inhibitrices influent sur les performances des enfants dans la tâche d'empan à l'envers. Les indices d'adéquation produits par ce modèle sont cependant moins satisfaisants que ceux associés au modèle 1.

Pour autant et au regard des indicateurs d'adéquation fournis par le tableau 6.3, il semble que le modèle 4 postulant la seule influence de la fonction de Nettoyage dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers est celui qui s'ajuste le mieux, et avec le plus de parcimonie, aux données.

En effet, les modèles 1 et 4 produisent des $\chi 2$ pratiquement égaux ($\chi 2 = 25,62$; ddl = 24 ; $p = 0,373$ pour le modèle 4), et ce, alors que celui obtenu avec le premier modèle – qui postule l'influence des deux fonctions de Nettoyage et de Restriction - est associé à un nombre plus faible de degrés de liberté. En outre, l'indice RMSEA, le RMR standardisé et l'AGFI associés au modèle 4 (RMSEA = 0,026 ; SRMR = 0,060 ; AGFI = 0,899) sont plus satisfaisants que ceux obtenus avec le premier modèle. Nous avons également considéré les paramètres des différentes matrices – et notamment les coefficients λ de régression partiels réduits - pour le modèle 1 et pour le modèle 4, lorsque les solutions sont complètement standardisées. Les coefficients estimés avec le modèle 1 montrent que l'épreuve d'empan dépend fortement de la fonction de Nettoyage ($\lambda = 0,73$), alors qu'elle n'est pratiquement pas liée à la fonction de Restriction ($\lambda = -0,03$). Enfin, les deux modèles expliquent une proportion pratiquement identique de la variance des scores dans l'épreuve d'empan. Ainsi, 50% de la variance sont expliqués par la fonction de Nettoyage dans le modèle 4, et 51% par les fonctions de Nettoyage et de Restriction dans le modèle 1.

La figure 6.10 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 4 postulant que les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers sont influencées par la seule fonction inhibitrice de Nettoyage.

Figure 6.10 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant la seule influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers



L'ensemble de ces résultats appuie la proposition selon laquelle l'épreuve d'empan à l'envers implique une mise à jour constante des informations activées en mémoire de travail. En revanche, il semble que la variable latente Restriction n'a eu pratiquement d'influence sur les performances à l'épreuve d'empan à l'envers des enfants rencontrés dans le cadre de notre troisième étude. En d'autres termes et chez ces enfants, le rappel sériel des items – c'est-à-dire le rappel des chiffres dans l'ordre dans lequel ils ont été énoncés - ne constituerait pas une stratégie « prédominante ».

4.1.3.2. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans les épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique

Pour ce qui concerne les épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique, nous nous attendions à ce que les scores des enfants soit influencés par les fonctions inhibitrices de Restriction et d'Accès. Ces tâches, habituellement employées comme mesures de la flexibilité spontanée, impliquent en effet la capacité à évoquer des aspects parfois peu familiers de la connaissance. Elles nécessitent aussi le maintien hors de la mémoire de travail des items non pertinents au regard de la consigne, à savoir des mots n'appartenant pas à la catégorie sémantique évoquée dans les épreuves de fluence catégorielle, et des mots ne commençant pas par la lettre énoncée en ce qui concerne les épreuves de fluence phonologique. Etant entendu que la consigne donnée aux enfants évalués pour cette étude n' « interdisait » pas explicitement la production d'un même mot à plusieurs reprises, nous ne nous attendions pas à ce que les performances des enfants dans les épreuves de fluence soient fortement sous l'influence de la fonction de Nettoyage.

Sur la base de ces éléments, le premier modèle développé postule que les scores des enfants aux deux épreuves de fluence verbale sont influencés par les fonctions d'Accès et de Restriction. Pour chacune de ces deux épreuves et comme cela a été fait avec l'épreuve d'empan, ce premier modèle est comparé au modèle 2 qui postule l'influence des trois fonctions d'inhibition, ainsi qu'au modèle 3 qui postule que les scores des enfants ne sont influencés par aucune des trois fonctions. Enfin, le modèle 1 est également comparé aux modèles 4 et 5 qui postulent l'influence d'une seule des deux fonctions évoquées, à savoir la fonction d'Accès pour le modèle 4, et la fonction de Restriction pour le modèle 5.

Tableau 6.4 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle (N = 101)

Modèles	**ddl**	**$\chi 2$**	**Valeur de p (pour le $\chi 2$)**	**RMSEA**	**SRMR**	**AGFI**
1. Les fonctions d'Accès et de Restriction ont une influence	**23**	**27,84**	**0,222**	**0,046**	**0,062**	**0,886**
2. Les trois fonctions ont une influence	22	27,83	0,182	0,051	0,062	0,881
3. Aucune fonction n'a d'influence	25	35,91	0,073	0,066	0,092	0,867
4. La fonction d'Accès a une influence	24	29,60	0,198	0,048	0,062	0,884
5. La fonction de Restriction a une influence	24	30,03	0,184	0,050	0,068	0,883

* $p < .05$

Au regard des données présentées dans le tableau 6.4, seul le modèle 3 ne postulant l'influence d'aucune des fonctions inhibitrices produit des indicateurs d'adéquation qui ne sont pas acceptables ($\chi2$ = 35,91 ; ddl = 25 ; p = 0,073). Sur la base de ces mêmes indices, il semble que le premier modèle – qui postule l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction - est celui qui s'ajuste le mieux aux données ($\chi2$ = 27,80 ; ddl = 23 ; p = 0,222 ; RMSEA = 0,046 ; SRMR = 0,062 ; AGFI = 0,886). Les $\chi2$ obtenus avec le modèle 4 ($\chi2$ = 29,60 ; ddl = 24 ; p = 0,198) et avec le modèle 5 ($\chi2$ = 30,03 ; ddl = 24 ; p = 0,184) ne sont pas moins bons d'un point de vue statistique que le $\chi2$ auquel a aboutit le premier modèle[139]. Toutefois, les autres indices d'adéquation relatifs aux modèles 4 et 5 sont moins satisfaisants que ceux obtenus avec le modèle 1 (RMSEA = 0,048 ; SRMR = 0,062 ; AGFI = 0,884 pour le modèle 4 ; RMSEA = 0,050 ; SRMR = 0,068 ; AGFI = 0,883 pour le modèle 5). Ces mêmes remarques valent pour le modèle 2 qui postule que les trois fonctions inhibitrices influent sur les performances des enfants dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle ($\chi2$ = 27,83 ; ddl = 22 ; p = 0,182 ; RMSEA = 0,051 ; SRMR = 0,062 ; AGFI = 0,881).

Toutefois et quel que soit le modèle retenu, la part de variance des scores dans l'épreuve de fluence catégorielle non expliquée par les facteurs est très élevée. Dans le cas du premier modèle, les fonctions d'Accès et de Restriction ne permettent d'expliquer que 12% de la variance des scores.

La figure 6.11 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 1 postulant que les performances des enfants à l'épreuve de fluence verbale catégorielle sont influencées par les fonctions inhibitrices d'Accès et de Restriction.

[139] Ainsi, la différence de $\chi2$ entre le modèle 4 et le modèle 1 est : $\chi2$ (1) = 29,60 – 27,84 = 1,76 ; celle entre le modèle 5 et le modèle 1 est : $\chi2$ (1) = 30,03 – 27,84 = 2,19. Aucune de ces différences n'est significative.

Figure 6.11 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction sur les performances des enfants à l'épreuve de fluence catégorielle

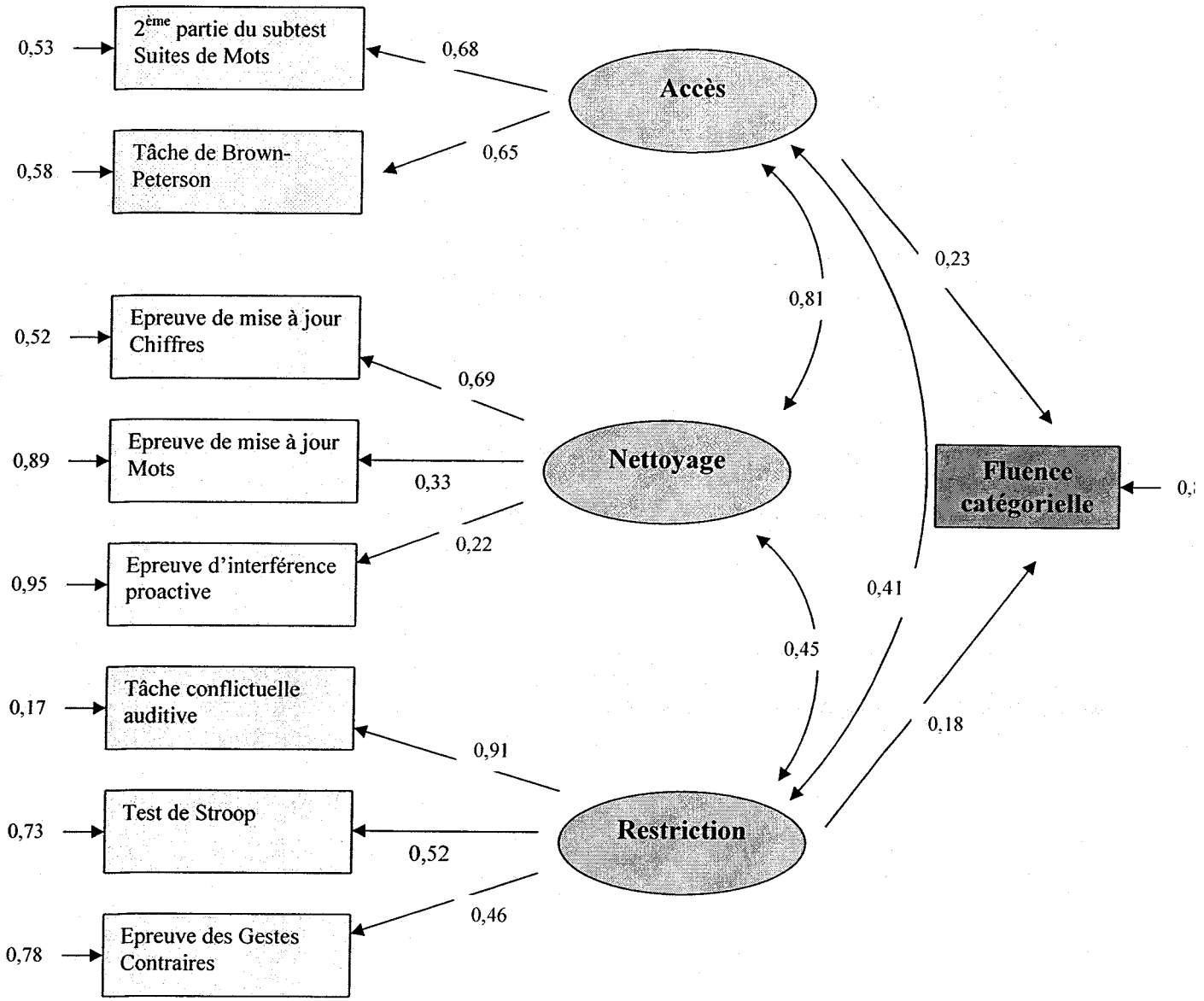


Tableau 6.5 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de fluence verbale phonologique (N = 101)

Modèles	**ddl**	**$\chi 2$**	**valeur de p (pour le $\chi 2$)**	**RMSEA**	**SRMR**	**AGFI**
1. Les fonctions d'Accès et de Restriction ont une influence	**23**	**21,99**	**0,521**	**0,000**	**0,053**	**0,909**
2. Les trois fonctions ont une influence	22	21,92	0,465	0,000	0,053	0,905
3. Aucune fonction n'a d'influence	25	39,04	0,036*	0,075	0,112	0,856
4. Accès	24	24,37	0,440	0,012	0,057	0,904
5. Restriction	24	27,80	0,269	0,040	0,063	0,891

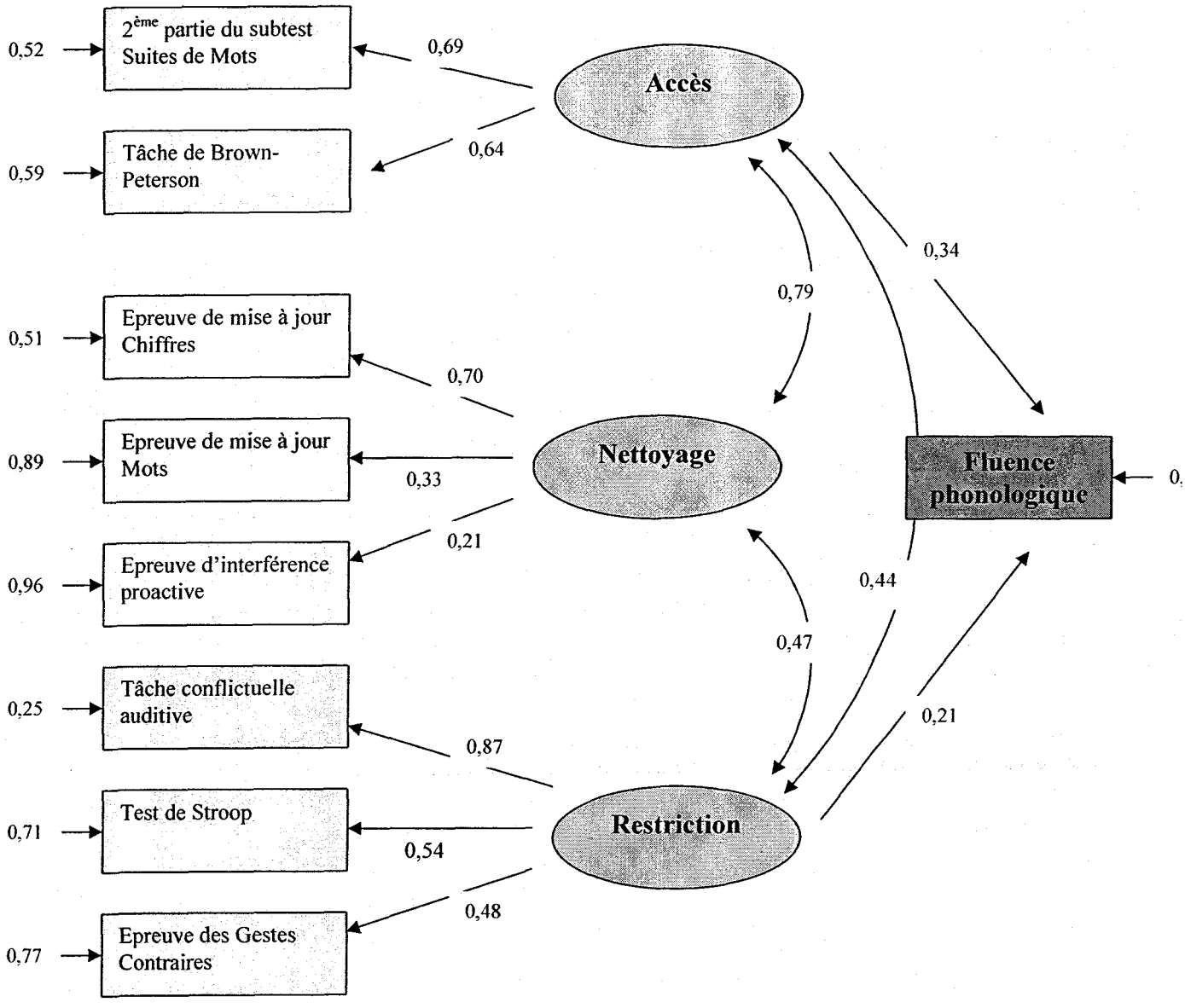
* $p < .05$

Sur la base des données présentées dans le tableau 6.5., le modèle 3 ne postulant l'influence d'aucune des fonctions inhibitrices doit être rejeté, en tant qu'il produit un $\chi 2$ significatif ($\chi 2$ = 39,04 ; ddl = 25 ; p = 0,036). Le modèle 4 ($\chi 2$ = 24,37 ; ddl = 24 ; p = 0,440 ; RMSEA = 0,012 ; SRMR = 0,057 ; AGFI = 0,904) qui postule l'influence de la seule fonction d'Accès n'est pas statistiquement moins bon que le modèle 1 ($\chi 2$ = 21,99 ; ddl = 23 ; p = 0,521 ; RMSEA = 0,000 ; SRMR = 0,053 ; AGFI = 0,909) au regard du test effectué portant sur la différence de $\chi 2$. Néanmoins, les autres indicateurs d'adéquation sont davantage satisfaisants pour le premier modèle que pour le modèle 4. Les mêmes remarques valent pour le modèle 2 selon lequel les performances des enfants dans l'épreuve de fluence phonologique dépendent des trois fonctions inhibitrices ($\chi 2$ = 21,92 ; ddl = 22 ; p = 0,465 ; RMSEA = 0,000 ; SRMR = 0,053 ; AGFI = 0,905). Enfin, le modèle 5 ($\chi 2$ = 27,80 ; ddl = 24 ; p = 0,269 ; RMSEA = 0,040 ; SRMR = 0,063 ; AGFI = 0,891) est statistiquement moins bon que le modèle 1.

Ainsi et comme pour la tâche de fluence catégorielle, le modèle qui s'ajuste le mieux aux données en ce qui concerne l'épreuve de fluence verbale phonologique est le premier modèle développé postulant l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction (tableau 6.5). Néanmoins, ces deux facteurs n'expliquent que 23% de la variance des scores.

La figure 6.12 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 1 postulant que les performances des enfants à l'épreuve de fluence verbale phonologique sont influencées par les fonctions inhibitrices d'Accès et de Restriction.

Figure 6.12 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction sur les performances des enfants à l'épreuve de fluence phonologique



Sur la base de ces éléments, il semble bien que les épreuves de fluence verbale – qu'il s'agisse de fluence catégorielle ou de fluence phonologique - nécessitent que les items ne répondant pas à la consigne soient maintenus hors de la mémoire de travail. Elles impliqueraient également la fonction de Restriction. Celle-ci pourrait renvoyer à la capacité évoquée dans la littérature à activer des aspects moins familiers de la connaissance au détriment de réponses plus automatiques. Elle pourrait également faire référence au phénomène de switching, qui correspond à la capacité de passer d'une sous-catégorie

(cluster, ou regroupement) – sémantique ou phonémique[140] *- à une autre (Gierski & Ergis, 2004). Une performance optimale dans les épreuves de fluence verbale requiert en effet que le sujet passe d'une sous-catégorie à une autre lorsque la première sous-catégorie est épuisée, c'est-à-dire qu'il inhibe une stratégie de réponse choisie à plusieurs reprises mais qui devient moins pertinente, au profit d'une nouvelle stratégie. Enfin et dans le cas précis où il n'est pas demandé explicitement aux enfants de ne pas produire un même mot plusieurs fois, les épreuves de fluence verbale ne feraient pas intervenir la fonction inhibitrice de Nettoyage.*

4.1.3.3. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres

Comme lors de notre seconde étude, les performances des enfants à la Tour de Londres sont appréhendées au travers de deux variables dépendantes : le nombre de modèles réussis au premier essai d'une part, le nombre total d'essais nécessaires pour reproduire les douze modèles de l'épreuve d'autre part.

Au regard des résultats des analyses en composantes principales que nous avons effectuées à partir des données obtenues lors de notre seconde étude, il semble que la Tour de Londres se distingue des autres épreuves qui viennent d'être évoquées (épreuve d'empan à l'envers et tâches de fluence verbale), dont nous postulons qu'elles ont en commun d'impliquer un contrôle inhibiteur. Si tel était effectivement le cas, les performances des enfants à cette épreuve ne devraient dépendre d'aucune des trois fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Miyake et al. (2000) ont toutefois montré, chez des étudiants et dans le cas où aucune consigne particulière n'est donnée aux sujets, qu'une stratégie « perceptuelle » est fréquemment utilisée lors de la reproduction des modèles de cette épreuve. Selon cette stratégie prédominante mais inappropriée pour la tâche et donc à inhiber, chaque déplacement vise à se rapprocher de la configuration finale, d'un point de vue perceptif. Or, il est très probable que la stratégie « perceptuelle » choisie par la majorité des adultes le soit également par des enfants, qui sont d'autant plus sous l'influence des indices externes perceptifs qu'ils sont jeunes. Dans cette perspective, on devrait s'attendre à ce que les performances des enfants à la Tour de Londres soient influencées par la fonction de Restriction.

Parce que nos résultats sont en contradiction avec ceux de Miyake et al., nous comparons, pour chacune des deux variables dépendantes considérées, le modèle 1 développé sur la base de l'étude de Miyake et al. – qui postule que les performances à la Tour de Londres sont influencées par la fonction de Restriction - au modèle 2 ne postulant l'influence d'aucune des trois fonctions inhibitrices. Le premier modèle est également comparé au modèle 3 qui postule l'influence des trois fonctions, ainsi qu'aux modèles 4 et 5 qui postulent l'influence d'une seule fonction, la fonction d'Accès pour le modèle 4, celle de Nettoyage pour le modèle 5. Par là, nous souhaitons montrer que si une fonction inhibitrice est effectivement mise en oeuvre dans l'épreuve de la Tour de Londres, il s'agit bien de la fonction de Restriction.

---

[140] Le regroupement sémantique consiste pour le sujet en la génération de suites de mots appartenant à des sous-catégories communes (telles que les « animaux de la ferme », les « animaux d'Afrique » ou encore ceux « aquatiques » en ce qui concerne la catégorie sémantique « Animaux »). Le regroupement phonémique consiste quant à lui à générer l'un à la suite de l'autre des mots proches du point de vue phonologique, par exemple des mots qui riment, ou qui commencent par le même phonème (Gierski & Ergis, 2004).

Tableau 6.6 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres (VD : nombre de modèles réussis au premier essai)
(N = 101)

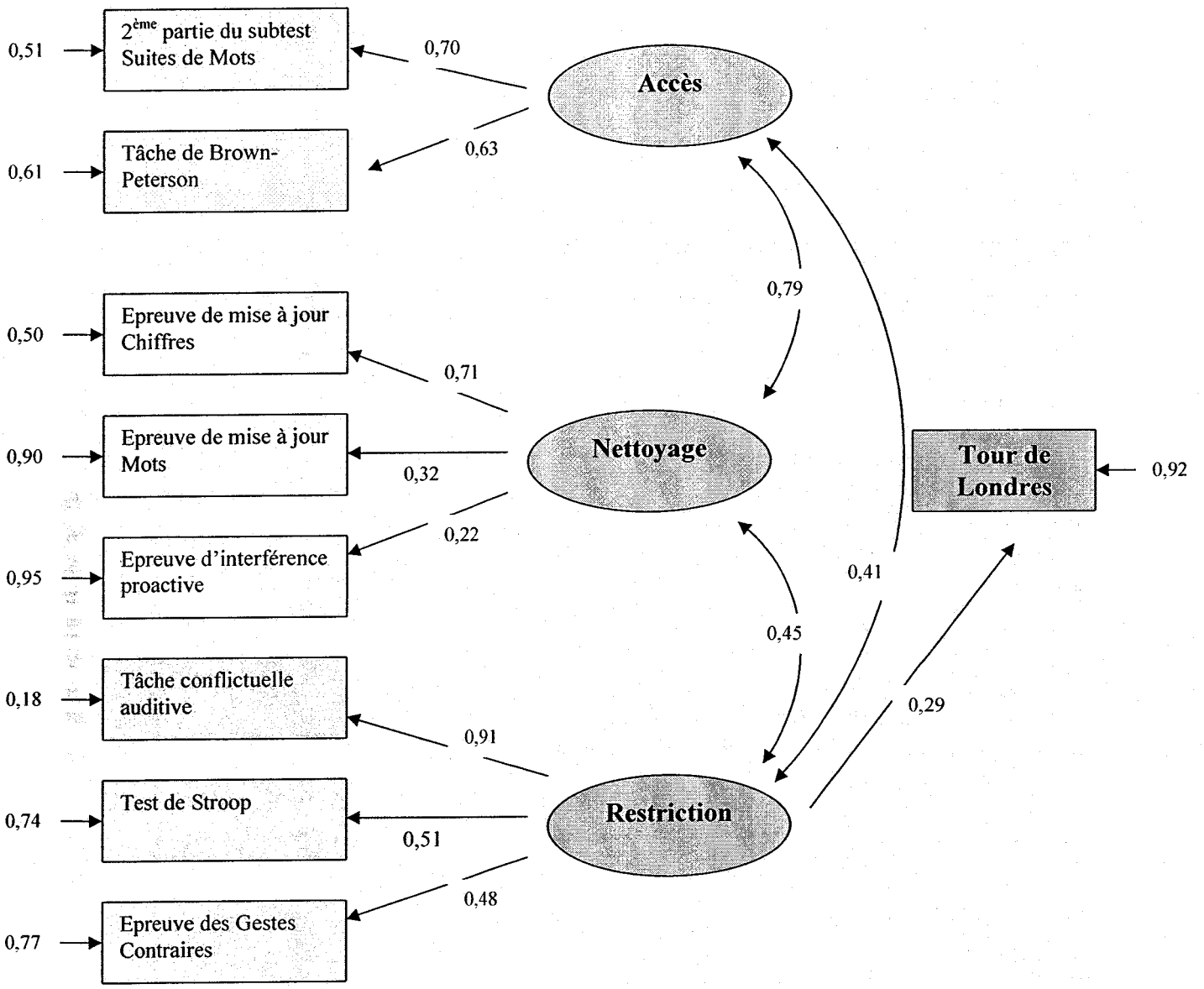
Modèles	ddl	$\chi 2$	Valeur de p (pour le $\chi 2$)	RMSEA	SRMR	AGFI
1. La fonction de Restriction a une influence	**24**	**32,82**	**0,108**	**0,061**	**0,069**	**0,873**
2. Aucune fonction n'a d'influence	25	38,80	0,039*	0,074	0,085	0,857
3. Les trois fonctions ont une influence	22	30,29	0,112	0,061	0,066	0,871
4. Accès	24	37,97	0,035*	0,076	0,077	0,854
5. Nettoyage	24	36,34	0,051	0,072	0,073	0,860

*p < .05

Sur la base des indices d'adéquation présentés dans le tableau 6.6, le modèle 2 postulant que le nombre de modèles de la Tour de Londres réussis au premier essai ne dépend d'aucune des trois fonctions inhibitrices et le modèle 4 postulant l'influence de la seule fonction d'Accès doivent être rejetés. En effet, les $\chi 2$ obtenus à partir de ces modèles sont significatifs ($\chi 2 = 38,80$; ddl = 25 ; p = 0,039 pour le modèle 2 ; $\chi 2 = 37,97$; ddl = 24 ; p = 0,035 pour le modèle 4). Par ailleurs, le modèle 3 postulant l'influence des trois fonctions inhibitrices produit des indicateurs d'ajustement relativement satisfaisants, quoique moins bons que ceux obtenus à partir du premier modèle ($\chi 2 = 30,29$; ddl = 22 ; p = 0,112 ; RMSEA = 0,061 ; SRMR = 0,066 ; AGFI = 0,871). Les indices obtenus à partir du modèle 5, qui postule l'influence de la fonction de Nettoyage, ne sont quant à eux pas satisfaisants ($\chi 2 = 36,34$; ddl = 24 ; p = 0,051 ; RMSEA = 0,072 ; SRMR = 0,073 ; AGFI = 0,860). En revanche, les indices d'adéquation obtenus avec le premier modèle sont assez satisfaisants. Le $\chi 2$ est non-significatif ($\chi 2 = 32,82$; ddl = 24 ; p = 0,108), le RMSEA et le RMR standardisé inférieurs à 0,08 (RMSEA = 0,061 ; SRMR = 0,069). Enfin, l'AGFI est relativement proche de 0,90 (AGFI = 0,873). Ces résultats sont donc en accord avec ceux obtenus par Miyake et al. Le fait que nous ayons observé une « dissociation », lors de notre seconde étude, entre cette épreuve et les autres tâches dont nous postulions qu'elles impliquent un contrôle inhibiteur pourrait s'expliquer en tant que la fonction de Restriction est celle des trois fonctions distinguées par Hasher et al. qui est la moins fortement liée au facteur général d'inhibition. Cette observation pourrait plus probablement tenir au fait que le facteur Restriction n'explique qu'une faible part (8%) de la variance relative au nombre de modèles réussis au premier essai à la Tour de Londres.

La figure 6.13 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 1 postulant que le nombre de modèles réussis au premier essai par les enfants à la Tour de Londres est influencé par la seule fonction de Restriction.

Figure 6.13 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Restriction sur le nombre de modèles réussis au premier essai à la Tour de Londres



Les mêmes modèles que ceux qui viennent d'être évoqués ont été développés afin de préciser les contributions des fonctions inhibitrices concernant le nombre total d'essais requis par les enfants pour résoudre les douze modèles de la Tour de Londres.

Tableau 6.7 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres (VD : nombre total d'essais pour reproduire les douze modèles)
(N = 101)

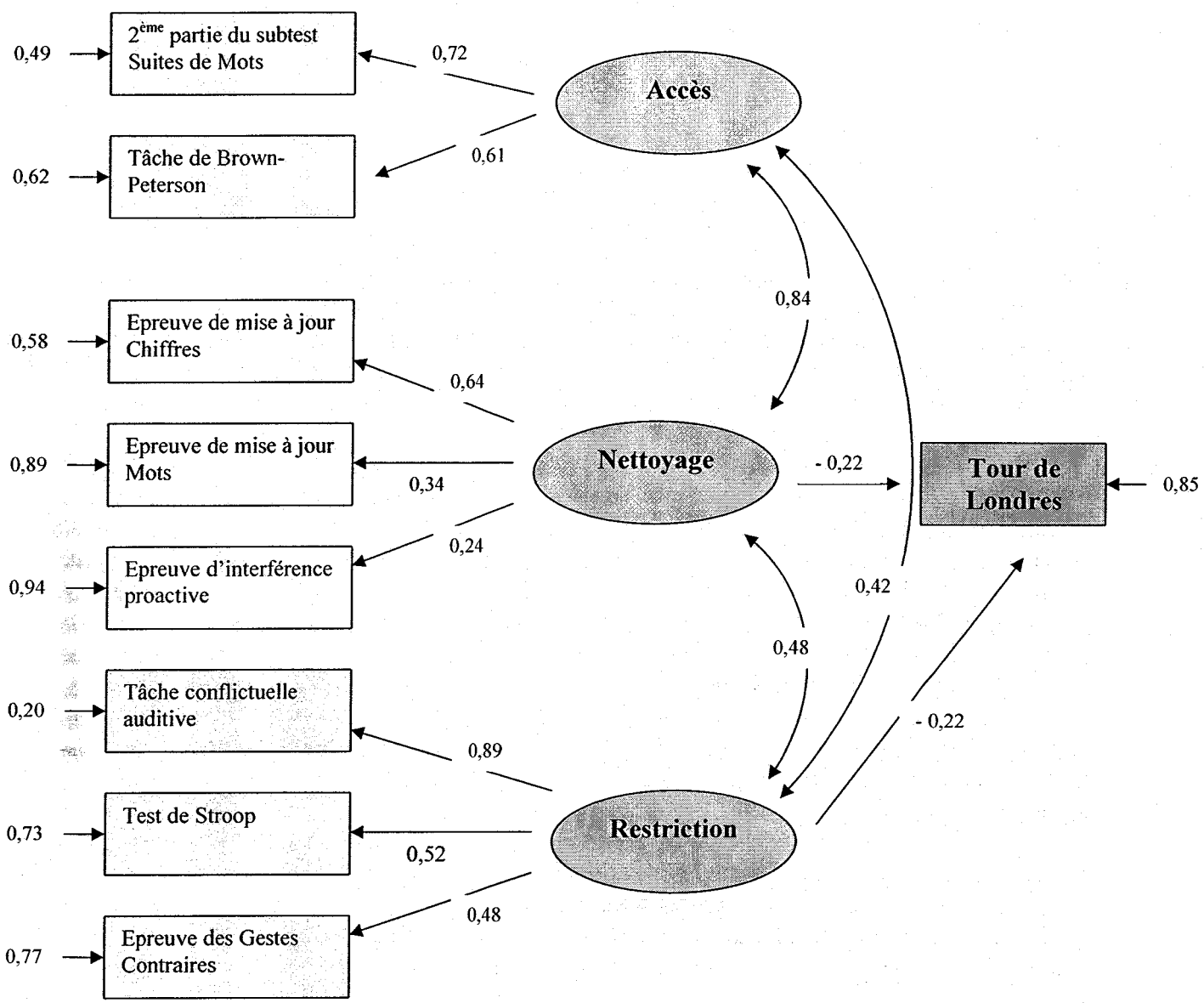
Modèles	ddl	$\chi 2$	valeur de p (pour le $\chi 2$)	RMSEA	SRMR	AGFI
1. La fonction de Restriction a une influence	24	28,41	0,243	0,043	0,064	0,889
2. Aucune fonction n'a d'influence	25	36,98	0,058	0,069	0,098	0,863
3. Les trois fonctions ont une influence	22	26,62	0,226	0,046	0,060	0,886
4. Accès	24	30,25	0,177	0,051	0,065	0,882
5. Nettoyage	24	28,26	0,249	0,042	0,063	0,889
6. Les fonctions de Nettoyage et de Restriction ont une influence	**23**	**26,46**	**0,280**	**0,039**	**0,060**	**0,891**

*p < .05

Comme en ce qui concerne le nombre de modèles de la Tour de Londres réussis au premier essai, la fonction de Restriction apparaît avoir une influence sur le nombre total d'essais requis par les enfants pour reproduire les douze modèles de cette épreuve. Ainsi, les indicateurs d'adéquation obtenus avec le premier modèle sont satisfaisants ($\chi 2$ = 28,41 ; ddl = 24 ; p = 0,243 ; RMSEA = 0,043 ; SRMR = 0,064 ; AGFI = 0,889). Pour autant, c'est également le cas concernant le modèle 5 qui postule l'influence de la seule fonction de Nettoyage ($\chi 2$ = 28,26 ; ddl = 24 ; p = 0,249 ; RMSEA = 0,042 ; SRMR = 0,063 ; AGFI = 0,889). Sur la base de ces résultats, nous avons testé un sixième modèle, qui postule que le nombre total d'essais requis à la Tour de Londres est influencé non seulement par la fonction inhibitrice de Restriction, mais aussi par celle de Nettoyage. Ce dernier modèle est celui qui produit les indicateurs d'ajustement les plus satisfaisants ($\chi 2$ = 26,46 ; ddl = 23 ; p = 0,280 ; RMSEA = 0,039 ; SRMR = 0,060 ; AGFI = 0,891) ; ceux-ci sont également présentés dans le tableau 6.7. En outre et en comparaison avec le premier modèle ne postulant que l'influence de la fonction de Restriction, ce modèle permet d'expliquer une part un peu plus importante de la variance relative au nombre d'essais total requis par les enfants à la Tour de Londres. Les fonctions de Nettoyage et de Restriction (modèle 6) expliquent 15% de la variance, contre 13% pour la seule fonction de Restriction (modèle 1).

La figure 6.14 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 6 postulant que le nombre total d'essais requis par les enfants à la Tour de Londres est influencé par les fonctions de Nettoyage et de Restriction.

Figure 6.14 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions de Nettoyage et de Restriction sur le nombre d'essais total requis par les enfants à la Tour de Londres



Ainsi et en ce qui concerne la Tour de Londres, les modèles s'ajustant le mieux aux données diffèrent quelque peu selon la variable dépendante considérée pour apprécier le niveau de performances des enfants.

Le nombre de modèles réussis au premier essai par les élèves de CE2 rencontrés pour notre troisième étude serait essentiellement sous l'influence de la fonction de Restriction. Ces résultats confirment ceux de Miyake et al. avec des jeunes adultes. Ils suggèrent qu'un schème de réponse inapproprié dans ce contexte – dont Miyake et al. postulent qu'il s'agit de la tendance à déplacer les boules sur la base d'indices perceptifs - est effectivement à l'œuvre chez la plupart des sujets, enfants et adultes.

La fonction de Restriction influerait également sur le nombre total d'essais requis pour reproduire les douze modèles de l'épreuve. Toutefois, celui-ci serait aussi sous la dépendance de la fonction de Nettoyage. Ainsi, si l'inhibition de la stratégie « perceptuelle » est nécessaire à chaque essai, la fonction de Nettoyage l'est également à partir du second essai. En effet, l'individu doit modifier sa stratégie lorsque la première choisie s'est révélée inefficace.

4.1.3.4. Contributions relatives des fonctions inhibitrices dans plusieurs épreuves exécutives : conclusion

Nous avons cherché à préciser les rôles respectifs des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) dans les performances des enfants à plusieurs épreuves exécutives supposées impliquer un contrôle inhibiteur. Pour chacune de ces épreuves et sur la base de considérations théoriques, nous avons comparé plusieurs modèles alternatifs. Les résultats de ces comparaisons vont généralement dans le sens des données de la littérature.

Il apparaît ainsi que l'épreuve d'empan à l'envers implique la fonction inhibitrice de Nettoyage, c'est-à-dire une actualisation continue des informations activées en mémoire de travail. Concernant les élèves de CE2 rencontrés pour notre troisième étude en revanche, la fonction de restriction des comportements prédominants n'influerait pas de façon significative sur les performances à cette épreuve.

Par ailleurs, les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique impliquent la fonction d'Accès. Elles nécessitent ainsi que les items non pertinents au regard de la consigne soient gardés hors de la mémoire de travail. Ces épreuves feraient également intervenir la fonction de Restriction. Dans le cas particulier des tâches de fluence, il nous semble que celle-ci pourrait renvoyer au processus de *switching*, c'est-à-dire à la capacité de passer d'une sous-catégorie – sémantique ou phonologique - à une autre lorsque la première sous-catégorie est « épuisée ».

Enfin et pour ce qui corrobore les données de Miyake et al. (2000), l'épreuve de la Tour de Londres ferait intervenir la fonction inhibitrice de Restriction. Dans cette tâche, il s'agit ainsi pour le sujet d'inhiber la tendance « naturelle » à répondre sur la base d'indices perceptifs. La reproduction des douze modèles de l'épreuve en un minimum d'essais nécessite également que l'individu change de stratégie lorsque celle utilisée s'est avérée non pertinente. En cela, la Tour de Londres ferait également intervenir la fonction de Nettoyage.

Par ailleurs, dans les différents modèles qui ont été développés afin de préciser les contributions des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à plusieurs épreuves exécutives, les corrélations entre les trois variables latentes et les corrélations entre les variables latentes et les huit variables manifestes considérées pour les analyses factorielles confirmatoires ont été laissées libres. Cela nous a permis de nous assurer de la stabilité de la structure mise en évidence avec les analyses confirmatoires. Ainsi, dans les différents modèles conservés relatifs aux rôles des fonctions inhibitrices dans les performances aux épreuves exécutives, les corrélations entre les trois variables latentes et celles entre les variables latentes et les huit variables manifestes sont globalement équivalentes à celles obtenues à partir du modèle « à trois facteurs corrélés ».

Nous avons dans un premier temps cherché à préciser les influences respectives des trois fonctions inhibitrices dans les performances d'enfants nés à terme ou prématurés d'âge scolaire à plusieurs épreuves exécutives. Nous nous intéressons maintenant aux rôles de ces fonctions dans l'efficience cognitive globale – dans l'intelligence « fluide » - appréhendée au travers des performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC.

4.1.4. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC.

Nous souhaitons tout d'abord déterminer dans quelle mesure chacune des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) est impliquée dans les performances des enfants à l'échelle Séquentielle de la batterie d'intelligence K-ABC. Nous avons vu, lors de notre seconde étude, que les scores des enfants à cette échelle qui permet d'évaluer les capacités de mémoire immédiate sont assez fortement liés au niveau global d'efficience inhibitrice. Nous nous intéressons ensuite aux rôles respectifs des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Simultanée, qui évalue plusieurs habiletés visuo-spatiales.

4.1.4.1. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC

L'échelle Séquentielle du K-ABC comporte trois épreuves de mémoire immédiate, dont deux sont basées sur des informations auditives (Mémoire des Chiffres et Suites de Mots) et une sur des informations visuelles et spatiales (Mouvements de Main). Dans la seconde partie de Suites de Mots cependant, une tâche perturbatrice est introduite entre la présentation des items et leur rappel. Dans cette condition « distraction », l'enfant doit dénommer des couleurs durant 5 secondes.

Il nous semble que les subtests Mémoire des Chiffres et Mouvements de Main, comme toutes les épreuves de mémoire immédiate, n'impliqueraient que la seule fonction de Nettoyage (voir notamment Page & Norris, 1998). Le subtest Suites de Mots mettrait également en jeu la fonction inhibitrice d'Accès. Celle-ci serait requise dans la seconde partie de cette épreuve, l'enfant devant alors garder hors de la mémoire de travail les informations distractrices générées.

En conséquence, nous émettons l'hypothèse selon laquelle les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC devraient essentiellement dépendre de la fonction inhibitrice de nettoyage de la mémoire de travail. La fonction d'Accès pourrait également avoir une influence – moins forte - sur les scores des enfants à cette échelle, de par son rôle lors de la seconde partie du subtest Suites de Mots.

Sur la base de ces considérations et pour préciser l'influence des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC, nous comparons le modèle 1 qui postule l'influence des fonctions de Nettoyage et d'Accès au modèle 2 selon lequel les scores des enfants en Séquentiel dépendent de la seule fonction de Nettoyage, ainsi qu'au modèle 3 qui postule l'influence de la seule fonction d'Accès. Le premier modèle est encore comparé au modèle 4 selon lequel les performances des enfants en Séquentiel dépendent des trois fonctions de l'inhibition, et au modèle 5 qui ne postule l'influence d'aucune de ces fonctions.

Tableau 6.8 : Indicateurs d'adéquation des modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances à l'échelle Séquentielle du K-ABC (N = 101)

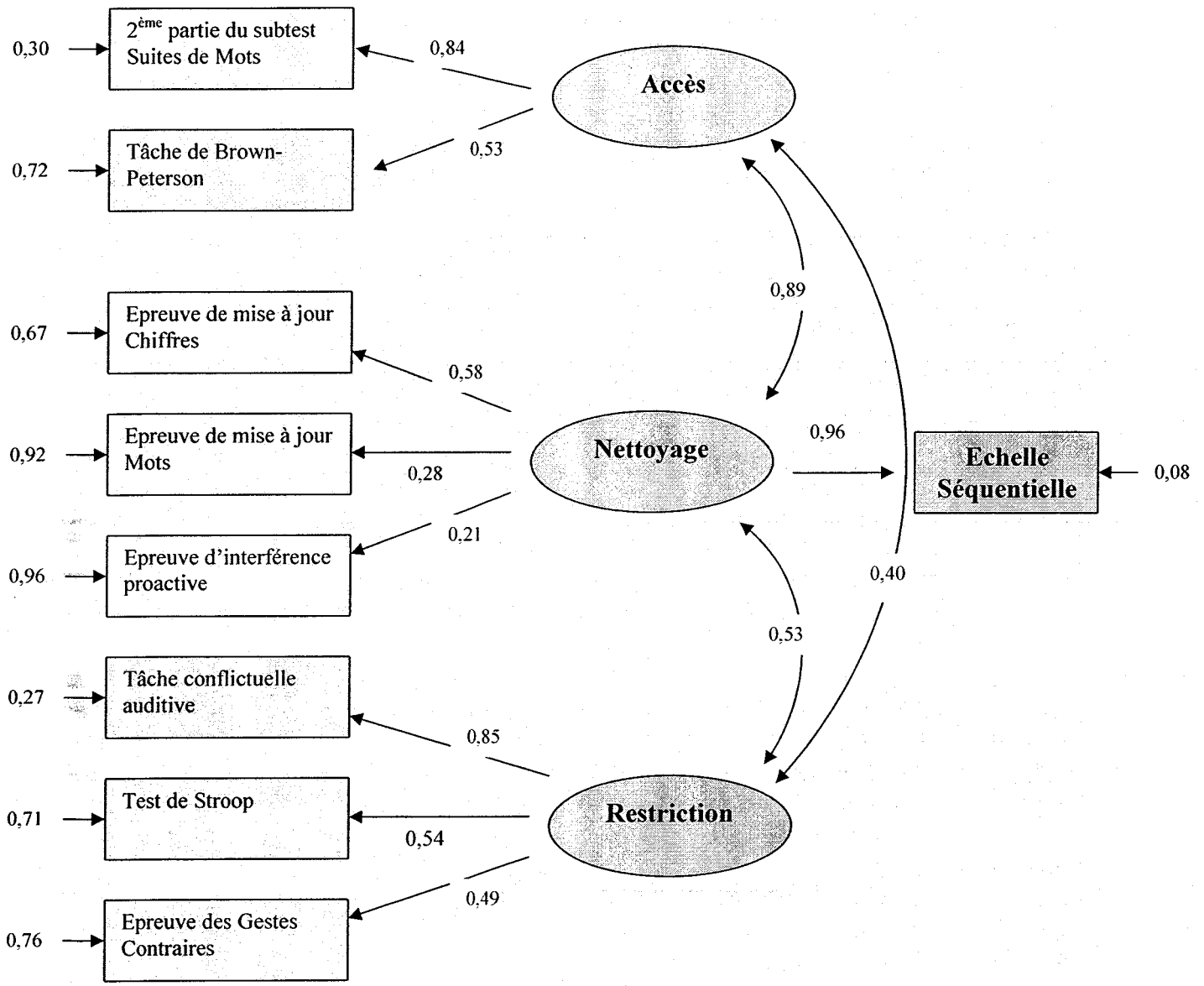
Modèles	**ddl**	**$\chi 2$**	**Valeur de p (pour le $\chi 2$)**	**RMSEA**	**SRMR**	**AGFI**
1. Les fonctions d'Accès et de Nettoyage ont une influence	23	22,98	0,462	0,000	0,055	0,905
2. La fonction de Nettoyage a une influence	**24**	**23,85**	**0,470**	**0,000**	**0,056**	**0,906**
3. La fonction d'Accès a une influence	24	25,08	0,401	0,021	0,055	0,901
4. Les trois fonctions ont une influence	22	22,66	0,421	0,017	0,055	0,902
5. Aucune fonction n'a d'influence	25	85,28	0,000*	0,155	0,188	0,084

* $p < .05$

Sur la base des données fournies par le tableau 6.8, le modèle 5 selon lequel les performances des enfants en Séquentiel ne dépendent d'aucune des trois fonctions attribuées à l'inhibition doit être rejeté. Ce modèle produit un $\chi 2$ hautement significatif ($\chi 2 = 85,28$; ddl = 25, $p < 0,001$), signe de sa non-adéquation aux données. Les indices d'ajustement obtenus avec les autres modèles sont acceptables : les valeurs de $\chi 2$ sont faibles, les indices RMSEA et RMR standardisés inférieurs à 0,05 et 0,08, respectivement ; en outre, l'AGFI est dans tous les cas supérieur à 0,90. Néanmoins et pour ce qui est conforme à notre hypothèse – et aux travaux de Page et Norris (1998) -, les deux modèles pour lesquels les indices d'adéquation sont les plus satisfaisants sont : le modèle 1 selon lequel les notes des enfants à l'échelle Séquentielle sont influencées par les fonctions d'Accès et de Nettoyage, et le modèle 2 selon lequel les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle du K-ABC ne dépendent que de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail. Ce dernier apparaît être celui qui s'ajuste le mieux, et avec le plus d'économie, aux données. En outre, il permet d'expliquer un très grande partie (92%) de la variance des scores des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle.

La figure 6.15 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 2 postulant que les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC sont influencées par la seule fonction de Nettoyage.

Figure 6.15 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC



4.1.4.2. Contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC

L'échelle Simultanée du K-ABC comporte cinq épreuves prévues pour les enfants âgés de 8 ans, toutes basées sur des informations visuelles et spatiales : Reconnaissance de Formes, Triangles, Matrices Analogiques, Mémoire Spatiale et Séries de Photos.

Les notes à Reconnaissance de Formes sont dans une certaine mesure liées à la dimension dépendance / indépendance à l'égard du champ (Kaufman & Kaufman, 1993b). Comme dans d'autres épreuves de ce type, il nous semble que les informations visuelles incomplètes présentées à l'enfant – à partir desquelles il doit identifier des figures complètes - peuvent parfois être de nature trompeuse, et alors entraîner une réponse incorrecte. Dans cette perspective, ce subtest impliquerait la fonction inhibitrice de Restriction. Ce serait également le cas dans l'épreuve des Matrices Analogiques, l'enfant – d'autant plus qu'il est jeune - pouvant avoir tendance à répondre sur la base d'indices visuels saillants mais non pertinents. Par ailleurs, le subtest Séries de Photos implique notamment de l'enfant qu'il distingue les détails « essentiels » de ceux qui ne le sont pas – mais qui, pour autant, n'entraînent pas de façon « automatique » une réponse erronée - (Kaufman & Kaufman, 1993b). Il ferait alors appel à la fonction d'Accès, l'enfant devant garder hors de la mémoire de travail les informations non pertinentes pour l'activité en cours. L'épreuve Mémoire Spatiale, comme toutes les épreuves de mémoire immédiate – ce que tendent d'ailleurs à confirmer les résultats obtenus relatifs aux contributions des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants en Séquentiel -, ferait quant à elle intervenir la fonction de Nettoyage (Page & Norris, 1998). Enfin, celle-ci pourrait également être impliquée dans la résolution des items de Triangles, l'enfant devant changer de stratégie si celle choisie se révèle inappropriée.

Sur la base de ces considérations et même si ces propositions demandent à être éprouvées de façon plus précise en effectuant les analyses subtest par subtest - ce que nous ne ferons pas dans le cadre de ce travail -, nous nous attendons à ce que les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC soient influencées par les trois fonctions octroyées à l'inhibition.

De fait, nous comparons le modèle 1 qui postule l'influence des trois fonctions inhibitrices aux trois modèles selon lesquels les performances des enfants en Simultané ne dépendent que d'une de ces fonctions, à savoir la fonction d'Accès pour le modèle 2, la fonction de Nettoyage pour le modèle 3 et la fonction de Restriction pour le modèle 4. Le premier modèle est également comparé au modèle 5 qui ne postule l'influence d'aucune des trois fonctions de l'inhibition sur les scores à l'échelle Simultanée du K-ABC.

Tableau 6.9 : Indicateurs d'adéquation des modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances à l'échelle Simultanée du K-ABC (N = 101)

Modèles	Ddl	$\chi 2$	Valeur de p (pour le $\chi 2$)	RMSEA	SRMR	AGFI
1. Les trois fonctions ont une influence	22	29,34	0,135	0,058	0,060	0,875
2. La fonction d'Accès a une influence	24	36,67	0,047*	0,073	0,068	0,859
3. La fonction de Nettoyage a une influence	**24**	**31,84**	**0,131**	**0,057**	**0,065**	**0,876**
4. La fonction de Restriction a une influence	24	36,24	0,052	0,071	0,068	0,860
5. Aucune fonction n'a d'influence	25	51,46	0,001*	0,103	0,131	0,815

* $p < .05$

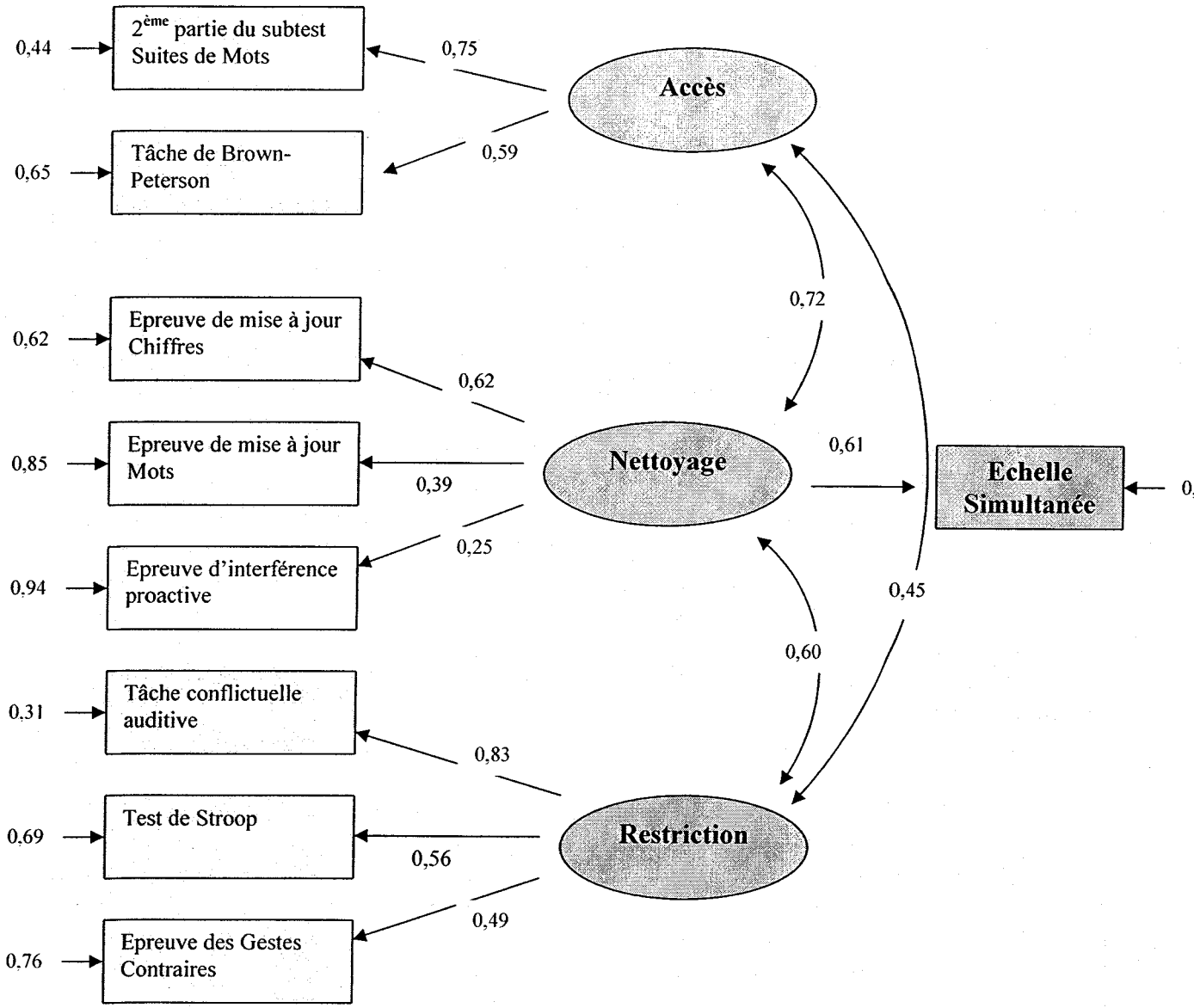
Sur la base des données présentées dans le tableau 6.9, deux modèles relatifs aux contributions des fonctions de l'inhibition dans les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC doivent être rejetés. Il s'agit du modèle 2 selon lequel les performances des enfants en Simultané dépendent de la seule fonction d'Accès ($\chi 2 = 36,67$; ddl = 24 ; $p = 0,047$), et du modèle 5 selon lequel aucune des trois fonctions inhibitrices n'exerce d'influence ($\chi 2 = 51,46$; ddl = 25 ; $p = 0,001$). Par ailleurs, les indices d'adéquation du modèle 4 qui postule que seule la fonction de Restriction a une influence ne sont pas satisfaisants ($\chi 2 = 36,24$; ddl = 24 ; $p = 0,052$; RMSEA = 0,071 ; SRMR = 0,068 ; AGFI = 0,860). Les deux modèles restant, à savoir le modèle 1 postulant l'influence des trois fonctions ($\chi 2 = 29,34$; ddl = 22 ; $p = 0,135$; RMSEA = 0,058 ; SRMR = 0,060 ; AGFI = 0,875) et le modèle 3 postulant l'influence de la fonction de Nettoyage ($\chi 2 = 31,84$; ddl = 24 ; $p = 0,131$; RMSEA = 0,057 ; SRMR = 0,065 ; AGFI = 0,876), produisent des indices plus satisfaisants.

Sur la base d'éléments théoriques, nous nous attendions à ce que les trois fonctions inhibitrices influent sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC, tel que le pose le premier modèle ici développé. Avec ce modèle cependant et bien que les indices d'adéquation soient satisfaisants, la corrélation entre la fonction de Nettoyage et les scores des enfants en Simultané est supérieure à 1 ($\lambda = 1,25$). En outre, la fonction d'Accès est corrélée négativement ($\lambda = - 0,80$) aux performances des enfants dans le domaine visuo-spatial. Le fait que trois des subtests de l'échelle Simultanée mettent en jeu les capacités d'attention aux détails visuels (à tous les détails ?) pourrait expliquer ce dernier résultat, malgré tout inattendu. En revanche, l'observation d'une corrélation dépassant plus que « légèrement » 1 nous conduit à rejeter ce modèle (Bacher, 1987).

De fait et pour ce qui concerne les rôles des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC, nous considérons que le modèle qui s'ajuste le mieux aux données observés est le modèle 3 postulant l'influence de la seule fonction de nettoyage de la mémoire de travail.

La figure 6.16 représente les résultats des analyses réalisées sur la base du modèle 3 postulant que les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC sont influencées par la seule fonction inhibitrice de Nettoyage.

Figure 6.16 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC



Finalement, l'actualisation des contenus de la mémoire de travail apparaît jouer un rôle prépondérant dans le fonctionnement cognitif global. Comme attendu, la fonction de Nettoyage influence fortement les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle du K-ABC. Elle a également un impact sur les scores des enfants aux subtests de l'échelle Simultanée, qui sont basés sur des informations visuelles et spatiales. Les rôles des fonctions d'Accès et de Restriction à ce niveau sont moins clairs.

Nous avons souhaité préciser ce que – *i.e.,* quelles fonctions inhibitrices - mesurent les épreuves exécutives utilisées dans plusieurs études récentes avec des populations infantiles, déjà reprises lors de notre seconde étude. Nous nous sommes également intéressés aux rôles respectifs des trois fonctions attribuées à l'inhibition dans les performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC. Nous cherchons maintenant à déterminer si les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) sont également affectées par une naissance avant terme, dépendant de la précocité de la naissance.

4.2. Conséquences d'une naissance avant terme sur l'efficience des trois fonctions de l'inhibition

Nous souhaitons, et c'est là le dernier objectif de ce travail, déterminer si les trois fonctions inhibitrices – qui, nous l'avons vu, peuvent être considérées comme séparables - sont également affectées par une naissance prématurée. Pour cela, nous reprenons les comparaisons relatives aux performances cognitives et inhibitrices des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance à la lumière des résultats des analyses confirmatoires qui viennent d'être évoqués.

Nous nous intéressons tout d'abord à l'effet du statut à la naissance sur les performances cognitives et inhibitrices des enfants vus dans le cadre de notre troisième étude.

Comme nous l'avons mentionné plus avant, nous avons rencontré 63 enfants anciens prématurés qui étaient nés en 1996 et avaient séjourné au service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Nous avons également évalué au sein d'écoles de la région 42 enfants, qui étaient pour la très grande majorité d'entre eux nés à terme. Parmi ces 105 enfants, 90 étaient scolarisés dans la classe attendue pour leur âge. Trente-cinq étaient nés à terme, 31 prématurés légers, 20 grands prématurés et 4 très grands prématurés.

Pour rappel, ces enfants ont répondu à neuf épreuves dont nous supposions qu'elles évaluaient l'une des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999). Il s'agit, en l'occurrence : du subtest Suites de Mots de la batterie K-ABC, d'une adaptation de la tâche de Brown-Peterson, de l'épreuve de barrage de la BREV, de deux épreuves de « mise à jour » - l'une basée sur des chiffres, l'autre sur des mots -, d'une épreuve d'interférence proactive, de la tâche des Gestes Contraires, de l'adaptation du test de Stroop d'Albaret et Migliore (1999) et enfin d'une tâche dite conflictuelle basée sur des informations auditives. Les enfants rencontrés ont également été soumis à plusieurs épreuves exécutives que nous avions déjà employées au cours de notre seconde étude : épreuve d'empan à l'envers, tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique et Tour de Londres. Par ailleurs, tous ces enfants ont passé les trois subtests de l'échelle Séquentielle du K-ABC (Mouvements de Main, Mémoire des Chiffres et Suites de Mots) et les cinq subtests de l'échelle Simultanée (Reconnaissance de Formes, Triangles, Matrices Analogiques, Mémoire Spatiale et Séries de Photos) prévus pour leur âge.

4.2.1. Performances cognitives et inhibitrices des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude

Nous présentons tout d'abord les principales caractéristiques de l'échantillon, puis nous intéressons à l'effet du statut à la naissance sur les performances aux échelles des Processus Mentaux de la batterie K-ABC des enfants évalués pour notre troisième étude. Nous comparons ensuite les scores obtenus par les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance aux épreuves d'inhibition d'une part, à celles exécutives – plus complexes - d'autre part.

4.2.1.1. Principales caractéristiques de l'échantillon

Nous donnons quelques précisions concernant l'âge gestationnel, le poids à la naissance et l'âge au moment de l'évaluation, et ce, pour chacun des groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance. Nous nous intéressons également à la répartition des groupes selon plusieurs caractères susceptibles d'influer sur les performances cognitives des enfants : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse, le fait d'être ou non bilingue et le niveau d'études de la mère. Nous cherchons plus précisément à déterminer si les différents groupes se répartissent de façon identique sur les modalités de ces variables.

Comme nous l'avons fait pour notre seconde étude et en raison de la faiblesse des effectifs, le groupe des 4 enfants nés très grands prématurés a été inclus dans le groupe des enfants nés grands prématurés. Au final, 24 enfants sont nés avant 33 SA.

Le tableau 6.10 fournit les moyennes, les écart-types, les valeurs minimales et maximales relatives à l'âge gestationnel et au poids à la naissance dans les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance.

Tableau 6.10 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**
		Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]	Moyenne ± Ecart-type [Minimum-Maximum]
	N	35	31	24
AGE GESTATIONNEL (SA : semaines d'aménorrhée)		39,56 ± 1,56 [37-42]	33,03 ± 0,95 [33,5-36,5]	29,56 ± 1,93 [26-32]
POIDS A LA NAISSANCE (grammes)		3346 ± 480 [2450-4320]	2350 ± 391 [1440-3370]	1305 ± 397 [730-2460]

L'âge moyen de l'ensemble des enfants à la date de l'évaluation était de 8 ans et 5 mois ± 4 mois (101,06 ± 3,65 mois plus exactement). Il était de 8 ans et 6 mois ± 4 mois pour les enfants nés à terme, de 8 ans et 5 mois ± 4 mois pour les enfants nés prématurés légers et de 8 ans et 4 mois ± 3 mois pour les enfants nés grands ou très grands prématurés. Une analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif du statut à la naissance au niveau de l'âge moyen auquel les enfants ont été évalués (F = 1,83 ; p = 0,167).

Le tableau 6.11 fournit les fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide – après exclusion des données manquantes -) relatives aux différentes modalités des variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Bilinguisme et Niveau d'Etudes de la Mère, et ce, pour chacun des trois groupes d'enfants considérés.

Tableau 6.11 : Fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Bilinguisme et Niveau d'Etudes de la Mère, en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme (≥ 37 SA)		**Prématurés légers (33-36 SA)**		**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**	
	N	**35**		**31**		**24**	
		Effectif	**Pourcent. valide (%)***	**Effectif**	**Pourcent. valide (%)***	**Effectif**	**Pourcent. valide (%)***
SEXE	Féminin	15	42,9	15	48,4	12	50,0
	Masculin	20	57,1	16	51,6	12	50,0
HYPOTROPHIE	Non	35	100,0	30	96,8	22	91,7
	Oui	0	0,0	1	3,2	2	8,3
GROSSESSE MULTIPLE	Non	35	100,0	15	48,4	19	79,2
	Oui	0	0,0	16	51,6	5	20,8
BILINGUISME	Non	28	87,5	27	96,4	24	100,0
	Oui	4	12,5	1	3,6	0	0,0
	Manquante	3		3		0	
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	CAP-BEP	13	43,3	13	46,4	9	37,5
	Bac	4	13,3	8	28,6	3	12,5
	>BAC	13	43,3	7	25,0	12	50,0
	Manquante	5		3		0	

*Pourcentage valide, calculé après exclusion des données manquantes

Nous testons à présent l'hypothèse d'une répartition identique des trois groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance pour les cinq caractères étudiés, à savoir : le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse, le fait pour l'enfant d'être ou non bilingue et le niveau d'études de la mère. Le test d'homogénéité est utilisé, visant cet objectif et dans le respect de ses conditions d'application (tableau 6.12).

Tableau 6.12 : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Bilinguisme et Niveau d'Etudes de la Mère

	Valeur du $\chi 2$ de Pearson	ddl	Signification
SEXE	0,348	2	0,840
HYPOTROPHIE	3,070	2	0,215
GROSSESSE MULTIPLE	24,595	2	**<0,001**
BILINGUISME	4,253	2	0,119
NIVEAU D'ETUDES DE LA MERE	5,002	4	0,287

Les tests d'homogénéité réalisés montrent que les trois groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance se répartissent de façon identique pour les variables Sexe ($\chi 2$ = 0,35 ; ddl = 2 ; p = 0,840), Hypotrophie ($\chi 2$ = 3,07 ; ddl = 2 ; p = 0,215), Bilinguisme ($\chi 2$ = 4,25 ; ddl = 2 ; p = 0,119) et Niveau d'Etudes de la Mère ($\chi 2$ = 5,00 ; ddl = 4 ; p = 0,287). En revanche, les différents groupes d'enfants ne sont pas répartis de façon identique en ce qui concerne le caractère Grossesse Multiple ($\chi 2$ = 24,59 ; ddl = 2 ; p < 0,001).

4.2.1.2. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux échelles des Processus Mentaux de la batterie K-ABC

Nous présentons dans le tableau 6.13 les statistiques descriptives et univariées relatives aux performances des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance à l'échelle Séquentielle, à l'échelle Simultanée et à l'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC.

Les conditions d'application de l'analyse de variance (normalité des distributions dans les trois groupes d'enfants et égalité des variances) étaient remplies.

Tableau 6.13 : Notes standardisées (moyenne ± écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; ddl ; signification)

	Nés à terme (≥ 37 SA)	Prématurés légers (33-36 SA)	Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)	ANOVA (F ; ddl ; p)
N	33	31	23	
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	
Echelle Séquentielle	104,24 ± 12,12	96,55 ± 12,06	100,48 ± 13,01	F = 3,11 ; ddl = 2 ; p = 0,050
Echelle Simultanée	109,30 ± 14,49	99,32 ± 12,82	98,91 ± 12,90	F = 5,80 ; ddl = 2 ; p = 0,004
Echelle des PMC	108,55 ± 12,72	97,58 ± 11,94	99,22 ± 12,95	F = 7,01 ; ddl = 2 ; p = 0,002

Il est à noter que les analyses relatives aux performances des enfants aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC portent sur 87 enfants parmi les 90 rencontrés pour cette étude qui étaient scolarisés dans la classe attendue pour leur âge. Ainsi et parce que ces enfants n'ont pas passé l'ensemble des subtests prévus, il ne nous a pas été possible de calculer de notes globales aux échelles de la batterie pour 2 enfants témoins nés à terme et pour 1 enfant né avant 33 SA.

Nous ne détaillons pas ici les résultats des comparaisons *a posteriori* réalisées – avec la procédure de Bonferroni - pour localiser les différences inter-groupes significatives, et ce, pour chacune des trois échelles des Processus Mentaux du K-ABC. Ces résultats sont présentés en annexe (Annexe VI.1).

De telles différences ont été relevées entre le groupe des enfants nés à terme et le groupe des enfants nés prématurés légers en ce qui concerne l'échelle Séquentielle, et entre le groupe des témoins nés à terme et chacun des deux groupes d'enfants anciens prématurés (enfants nés prématurés légers et enfants nés grands ou très grands prématurés) à l'échelle Simultanée et à l'échelle des Processus Mentaux Composites.

- A l'échelle Séquentielle, les enfants nés prématurés légers obtiennent des scores significativement inférieurs à ceux des témoins nés à terme ($p = 0,044$). En revanche et contrairement à ce qui a été observé lors des deux précédentes études, les enfants nés grands ou très grands prématurés ne se différencient pas des témoins en ce qui concerne leurs performances dans les épreuves de mémoire immédiate. Ces résultats, inattendus, nous semblent être le signe d'un problème d'échantillonnage, et finalement d'un manque de validité des résultats.

- A l'échelle Simultanée, les enfants nés à terme réalisent de meilleures performances que les enfants nés prématurés légers d'une part ($p = 0,012$), que les enfants nés grands ou très grands prématurés d'autre part ($p = 0,017$).

- A l'échelle des Processus Mentaux Composites enfin, les témoins nés à terme obtiennent des scores significativement plus élevés que ceux des enfants nés prématurés légers ($p = 0,002$) et que ceux des enfants nés avant 33 SA ($p = 0,022$). Les deux groupes d'enfants anciens prématurés ne se différencient pas entre eux quant à leurs performances cognitives globales.

4.2.1.3. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux épreuves d'inhibition

Le tableau 6.14.a fournit les statistiques descriptives (moyenne et écart-type) relatives aux performances des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance aux neuf épreuves utilisées pour évaluer les trois fonctions inhibitrices.

Parce que, pour plusieurs de ces épreuves, les scores ne se distribuaient pas normalement dans les trois groupes d'enfants d'une part, et les variances n'étaient pas égales dans les différents groupes d'autre part, les analyses univariées ont été réalisées par le biais de techniques non-paramétriques. Le tableau 6.14.b fournit, pour chacune des épreuves d'inhibition, les quartiles dans les trois groupes d'enfants ainsi que les résultats du test de Kruskal Wallis.

Tableau 6.14.a : Scores bruts (moyenne ± écart-type) aux épreuves d'inhibition en fonction du statut à la naissance

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**
N	34	31	22
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Suites de Mots – 2nde partie (nb séquences rappelées)	2,65 ± 1,45	2,29 ± 1,55	2,50 ± 1,68
Brown-Peterson (nb réussites condition Distraction)	8,09 ± 1,36	7,35 ± 2,18	7,82 ± 1,53
Barrage (nb 3 barrés en 1 minute)	24,76 ± 2,76	24,35 ± 2,58	23,32 ± 3,11
Mise à jour Chiffres (nb séquences rappelées)	4,12 ± 1,45	3,06 ± 1,57	3,45 ± 1,65
Mise à jour Mots (nb séquences rappelées)	4,44 ± 1,21	4,06 ± 1,67	4,41 ± 1,14
Interférence proactive (nb 2nde listes rappelées)	1,53 ± 0,86	1,39 ± 0,95	1,27 ± 0,83
Stroop – condition Interférence (nb couleurs dénommées)	28,09 ± 5,93	26,87 ± 6,20	23,23 ± 6,05
Gestes Contraires (nb réussites condition Distraction)	19,82 ± 0,46	19,19 ± 1,82	19,41 ± 0,80
Tâche conflictuelle auditive (nb réussites condition Distraction)	19,32 ± 0,77	18,42 ± 2,08	18,32 ± 1,39

Il est à noter que les analyses relatives aux performances des enfants aux épreuves d'inhibition portent sur 87 enfants parmi les 90 rencontrés pour cette étude qui étaient scolarisés dans la classe attendue pour leur âge. Ainsi, 1 enfant né à terme et 2 enfants nés avant 33 SA n'ont pas passé l'ensemble de ces épreuves.

Tableau 6.14.b : Scores bruts (médiane ; 1er et 3e quartiles) aux épreuves d'inhibition en fonction du statut à la naissance et résultats du test de Kruskal Wallis (χ2 ; ddl ; signification)

	Nés à terme (≥ 37 SA) Médiane (1er et 3e quartiles)	**Prématurés légers (33-36 SA)** Médiane (1er et 3e quartiles)	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)** Médiane (1er et 3e quartiles)	**Kruskal Wallis** χ2 ; ddl p
N	34	31	22	
Suites de Mots – 2nde partie (nb séquences rappelées)	3 2-3	2 1-3	2 1-4	χ2 = 1,25 ; ddl = 2 p = 0,535
Brown-Peterson (nb réussites condition Distraction)	8 7-9	8 7-9	8 7-9	χ2 = 1,48 ; ddl = 2 p = 0,477
Barrage (nb 3 barrés en 1 minute)	26 23-27	25 23-26	24 20-26	χ2 = 4,34 ; ddl = 2 p = 0,114
Mise à jour Chiffres (nb séquences rappelées)	5 3-5	3 2-4	3 2-5	**χ2 = 7,91 ; ddl = 2 p = 0,019**
Mise à jour Mots (nb séquences rappelées)	5 4-5	5 3-5	5 4-5	χ2 = 0,73 ; ddl = 2 p = 0,695
Interférence proactive (nb 2nde listes rappelées)	2 1-2	1 1-2	1 1-2	χ2 = 2,11 ; ddl = 2 p = 0,348
Stroop – condition Interférence (nb couleurs dénommées)	26,5 24,75-31,25	26 22-34	23 17-27	**χ2 = 7,18 ; ddl = 2 p = 0,028**
Gestes Contraires (nb réussites condition Distraction)	20 20-20	20 19-20	20 19-20	**χ2 = 8,13 ; ddl = 2 p =0,017**
Tâche conflictuelle auditive (nb réussites condition Distraction)	19 19-20	19 18-20	19 17,25-19	**χ2 = 10,85 ; ddl = 2 p = 0,004**

Au regard des résultats du test de Kruskal Wallis, il apparaît que le statut à la naissance a un effet significatif sur quatre épreuves parmi les neuf proposées aux enfants, qui étaient supposées évaluer l'une des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999). Il s'agit, en l'occurrence : de l'épreuve de Mise à jour Chiffres, du test de Stroop, de l'épreuve des Gestes Contraires et de la tâche conflictuelle auditive[141]. La première épreuve de Mise à jour permet d'évaluer la fonction inhibitrice de Nettoyage ; les trois autres épreuves évoquées (Stroop, Gestes Contraires et tâche conflictuelle) évaluent la fonction de Restriction.

Ainsi, cette fonction chargée de restreindre l'accès aux réponses prédominantes inappropriées dans le contexte pourrait être particulièrement affectée par une naissance prématurée.

[141] Une analyse de la variance donne les mêmes résultats, à la différence près que l'effet du statut à la naissance sur les performances des enfants à l'épreuve des Gestes Contraires n'est pas significatif avec l'ANOVA (F = 2,34 ; p = 0,102).

Nous précisons maintenant la localisation des différences inter-groupes significatives, mises en évidence par le biais des comparaisons *post hoc* réalisées avec le U de Mann-Whitney ; les résultats détaillés sont présentés en annexe (Annexe VI.2).

• A l'épreuve de Mise à jour Chiffres, les enfants nés à terme réalisent de meilleures performances que les enfants nés prématurés légers ($U = 330$; $p = 0,005$).

• Dans la condition Interférence du test de Stroop, les témoins nés à terme dénomment un nombre significativement plus élevé de couleurs comparés aux enfants nés grands ou très grands prématurés ($U = 218$; $p = 0,009$). La différence entre le groupe des enfants nés prématurés légers et le groupe des enfants nés grands ou très grands prématurés tend vers la significativité ($U = 233,5$; $p = 0,052$).

• Dans l'épreuve des Gestes Contraires, les enfants nés à terme réalisent de meilleures performances que les enfants nés prématurés légers ($U = 407,5$; $p = 0,023$) d'une part, que les enfants nés grands ou très grands prématurés ($U = 267,5$; $p = 0,006$) d'autre part.

• Dans la tâche conflictuelle auditive enfin, les enfants nés à terme obtiennent de meilleurs scores que les enfants nés prématurés légers d'une part ($U = 412,5$; $p = 0,074$), que les enfants nés grands ou très grands prématurés d'autre part ($U = 212$; $p = 0,001$). Dans le premier cas, la différence entre les deux groupes tend vers la significativité.

Il est aussi à noter qu'une différence tendancielle est observée entre le groupe des enfants témoins nés à terme et le groupe des enfants nés grands ou très grands prématurés en ce qui concerne le nombre de « 3 » barrés dans l'épreuve de barrage de la BREV ($U = 282,5$; $p = 0,052$).

4.2.1.4. Performances des différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude aux épreuves exécutives

Nous présentons dans le tableau 6.15.a les statistiques descriptives (moyenne et écart-type) relatives aux performances des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance aux épreuves exécutives dont nous avons montré qu'elles impliquent un contrôle inhibiteur.

Le tableau 6.15.b fournit les quartiles pour les trois groupes d'enfants et les résultats des analyses univariées effectuées par le test de Kruskal Wallis.

Tableau 6.15.a : Scores bruts (moyenne ± écart-type) aux épreuves exécutives en fonction du statut à la naissance

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**
N	33	31	23
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Empan à l'envers (nb séquences rappelées)	4,37 ± 1,19	3,90 ± 1,33	3,96 ± 1,22
Fluence catégorielle (nb mots produits)	22,49 ± 6,65	21,81 ± 6,51	23,04 ± 6,73
Fluence phonologique (nb mots produits)	11,39 ± 4,37	10,94 ± 4,12	11,57 ± 3,42
Tour de Londres (nb modèles réussis au 1er essai)	8,22 ± 1,91	7,00 ± 1,28	8,17 ± 1,19
Tour de Londres (nb total d'essais)	18,65 ± 4,69	20,83 ± 3,19	19,50 ± 3,85

Il est à noter que les analyses relatives aux performances dans les épreuves exécutives portent sur 87 enfants. Parmi ceux-ci, 33 étaient nés à terme, 31 prématurés légers et 23 grands ou très grands prématurés.

Tableau 6.15.b : Scores bruts (médiane ; 1er et 3e quartiles) aux épreuves exécutives en fonction du statut à la naissance et résultats du test de Kruskal Wallis ($\chi 2$; ddl ; signification)

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**	**Kruskal Wallis ($\chi 2$; ddl ; p)**
N	33	31	23	
	Médiane Q1 – Q3	Médiane Q1 – Q3	Médiane Q1 – Q3	
Empan à l'envers (nb séquences rappelées)	4 4-5	4 3-5	4 3-5	$\chi 2 = 4,20$; ddl = 2 p = 0,123
Fluence catégorielle (nb mots produits)	21 17-27	21 17-27	23 19-26	$\chi 2 = 0,74$; ddl = 2 p = 0,692
Fluence phonologique (nb mots produits)	11 8-15	11 7-13	12 9-14	$\chi 2 = 0,51$; ddl = 2 p = 0,774
Tour de Londres (nb modèles réussis au 1er essai)	9 7-9	7 6-7,75	8,5 7-9	*$\chi 2 = 5,63$; ddl = 2* *p = 0,060*
Tour de Londres (nb total d'essais)	18 16-21	20 19-22,75	18 15,5-23,75	$\chi 2 = 3,99$; ddl = 2 p = 0,136

Au regard des résultats du test de Kruskal Wallis, il apparaît que le statut à la naissance n'a d'effet que sur le nombre de modèles réussis au premier essai à l'épreuve de la Tour de Londres ; cet effet est tendanciel ($\chi 2 = 5,63$; ddl = 2 ; p = 0,060). *Pour ce qui confirme les résultats présentés juste avant, les performances des enfants à ce niveau dépendent de la fonction de Restriction.*

Nous précisons ces résultats, par le biais du U de Mann-Whitney ; les tableaux détaillés sont présentés en annexe (Annexe VI.3).

A l'épreuve de la Tour de Londres, les enfants nés à terme réussissent un nombre plus élevé de modèles au premier essai comparés aux enfants nés prématurés légers (U = 79 ; p = 0,038). Contrairement à ce qui était attendu, ces derniers résolvent moins de modèles dès le premier essai que les enfants nés grands ou très grands prématurés (U = 35,5 ; p 0,033).

Par ailleurs et en comparaison avec les enfants anciens prématurés légers, les témoins nés à terme nécessitent moins d'essais pour résoudre l'ensemble des modèles de la Tour de Londres (U = 79 ; p = 0,039).

Il est aussi à noter qu'une différence tendant vers la significativité est observée entre les enfants nés à terme et les enfants nés prématurés légers en ce qui concerne le nombre de séquences rappelées dans l'épreuve d'empan à l'envers – cette épreuve ferait intervenir la fonction inhibitrice de Nettoyage -, en faveur des premiers (U = 405,5 ; p = 0,068).

Ainsi et tel que cela apparaît au travers des tableaux, 6.13, 6.14 et 6.15, l'effet du statut à la naissance sur les performances cognitives globales et sur les performances inhibitrices est beaucoup plus limité chez les élèves de CE2 que nous avons évalué dans le cadre de notre troisième étude que chez les enfants rencontrés pour l'enquête nationale Epipage d'une part, chez les enfants d'âge scolaire vus pour notre seconde étude d'autre part.

Le fait pour un enfant d'être né à terme, prématuré léger ou grand prématuré pourrait avoir une incidence essentiellement sur les performances dans les épreuves qui font intervenir la fonction inhibitrice de restriction de l'accès aux réponses prédominantes. Les enfants nés prématurés légers pourraient également se distinguer des enfants témoins nés à terme en ce qui concerne leurs performances dans des épreuves impliquant la fonction de Nettoyage, i.e., l'actualisation des informations contenues en mémoire de travail.

Ces propositions demandent à être vérifiées. Visant cet objectif, nous nous sommes intéressés à l'effet du statut à la naissance sur des variables qui reflèteraient le niveau d'efficience des enfants pour chacune des trois fonctions inhibitrices (Accès, Nettoyage et Restriction), ce que nous avons appelé « scores d'efficience ».

4.2.2. Niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices dans les différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude

Répondre à l'objectif préalablement mentionné impliquait tout d'abord de calculer des scores d'efficience sur les trois fonctions inhibitrices pour chacun des enfants évalués dans le cadre de notre troisième étude. Pour ce faire, nous avons standardisé les scores des enfants à 7 des 9 épreuves utilisées pour évaluer les trois fonctions attribuées à l'inhibition. L'épreuve de barrage de la BREV, non retenue pour les analyses factorielles confirmatoires, n'a naturellement pas été considérée ici. Nous n'avons pas non plus tenu compte des performances des enfants à la tâche d'interférence proactive, en tant que la corrélation entre celle-ci et la fonction inhibitrice de Nettoyage ne nous semblait pas suffisamment importante. Finalement, cette procédure de standardisation – *i.e.*, de centrage-réduction - a concerné : le subtest Suites de Mots du K-ABC (nombre de séquences rappelées dans la seconde partie), la tâche de Brown-Peterson (nombre de trigrammes rappelés dans la condition Distraction), les tâches de mise à jour Chiffres et Mots (nombre d'items réussis), le Stroop (nombre de couleurs dénommées dans la condition Interférence), l'épreuve des Gestes Contraires (nombre de réussites dans la condition Distraction) et la tâche conflictuelle auditive (nombre de réussites dans la partie Conflit).

Nous avons également standardisé les scores aux épreuves exécutives des enfants rencontrés pour cette étude. Parce que certains de ces enfants – du fait de contraintes temporelles essentiellement - n'ont pas répondu à la Tour de Londres, nous n'avons pas tenu compte de cette épreuve. La procédure de centrage-réduction a ainsi concerné les épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique, ainsi que la tâche d'empan à l'envers.

Enfin, cette procédure a été appliquée aux scores bruts obtenus par les enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC, mais non aux scores qu'ils ont obtenus en Simultané. En effet, l'interprétation des performances des enfants à ce niveau en termes d'implication des fonctions de l'inhibition nous semblait moins évidente.

Nous rappelons brièvement les résultats des analyses confirmatoires – qui ont été présentés plus avant -, dont nous nous sommes servis pour le calcul des « scores d'efficience » des enfants sur les trois facteurs d'intérêt, c'est-à-dire sur chacune des fonctions inhibitrices.

- Le subtest Suites de Mots du K-ABC et la tâche de Brown-Peterson mesurent la fonction d'Accès.
- Les épreuves de « mise à jour » Chiffres et Mots permettent d'appréhender la fonction de Nettoyage.
- Le Stroop, l'épreuve des Gestes Contraires et la tâche conflictuelle auditive mesurent la fonction de Restriction.

- Les performances des enfants aux épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique dépendent des fonctions d'Accès et de Restriction.
- Les performances des enfants dans l'épreuve d'empan à l'envers sont influencées par la fonction de Nettoyage.

- Les scores des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC dépendent de la fonction de Nettoyage.

Au regard de ces éléments, les scores d'efficience des enfants sur les trois fonctions inhibitrices – que nous considérons comme le reflet du niveau d'efficience de ces fonctions - sont calculés de la façon suivante :

- pour la fonction d'Accès : en additionnant les scores standardisés des enfants au subtest Suites de Mots, à la tâche de Brown-Peterson et aux deux épreuves de fluence verbale ;
- pour la fonction de Nettoyage : en additionnant les scores standardisés obtenus par les enfants aux deux épreuves de « mise à jour » - Chiffres et Mots -, à l'épreuve d'empan à l'envers et à l'échelle Séquentielle du K-ABC ; et enfin
- pour la fonction de Restriction : en additionnant les scores standardisés des enfants au Stroop, à l'épreuve des Gestes Contraires, à la tâche conflictuelle auditive et aux deux épreuves de fluence verbale catégorielle et phonologique.

Nous présentons maintenant les résultats des analyses descriptives et univariées effectuées afin de déterminer si le statut à la naissance a un effet significatif sur le niveau d'efficience des trois fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction (tableau 6.16). Une analyse de la variance a été réalisée visant cet objectif[142].

Nous n'avons pas considéré pour ces analyses les données issues de 5 enfants – sur les 90 scolarisés dans la classe attendue pour leur âge - qui n'avaient pas passé l'ensemble des épreuves considérées. De fait, ces analyses portent sur 85 enfants. Parmi ceux-ci, 32 sont nés à terme, 31 prématurés légers et 22 grands ou très grands prématurés.

Tableau 6.16 : Scores d'efficience (moyenne ± écart-type) sur les fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; ddl ; signification), chez les enfants rencontrés pour notre troisième étude

	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**	**ANOVA (F ; ddl ; p)**
N	32	31	22	
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type
Fonction d'Accès	3,19 ± 3,19	2,14 ± 3,78	2,95 ± 3,08	F = 0,81 ; ddl = 2 p = 0,450
Fonction de Nettoyage	0,88 ± 2,93	-1,00 ± 2,61	-0,15 ± 2,91	**F = 3,54 ; ddl = 2** **p = 0,033**
Fonction de Restriction	3,87 ± 3,09	2,15 ± 4,79	2,09 ± 3,16	F = 2,08 ; ddl = 2 p = 0,131

[142] Nous nous sommes assurés que les conditions d'application de l'ANOVA étaient remplies. Pour chacune des variables dépendantes considérées (scores d'efficience des enfants sur les trois fonctions inhibitrices), les scores se distribuaient normalement dans les trois groupes d'enfants, hormis dans le groupe des enfants témoins nés à terme en ce qui concerne la fonction d'Accès. Par ailleurs, les variances des scores pouvaient être considérées comme équivalentes dans les trois groupes, dans une moindre mesure toutefois concernant la fonction de Restriction.

Les résultats de l'analyse de variance (tableau 6.16) montrent que le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores d'efficience des enfants en ce qui concerne la fonction inhibitrice de nettoyage de la mémoire de travail. Chez les enfants rencontrés pour cette troisième étude en revanche, le fait d'être né à terme, prématuré léger ou grand prématuré n'apparaît pas avoir d'incidence sur l'efficacité des fonctions d'Accès et de Restriction.

Pour ce qui confirme les observations réalisées plus avant, les comparaisons réalisées *a posteriori* montrent que les enfants témoins nés à terme obtiennent en moyenne un score d'efficience plus élevé que les enfants nés prématurés légers concernant la fonction de Nettoyage.

Aucune autre différence inter-groupe n'est significative. Ainsi et contrairement à ce que nous supposions sur la base de leurs plus faibles performances dans plusieurs épreuves évaluant la fonction de Restriction, les enfants anciens prématurés ne semblent pas avoir plus de difficultés que les témoins nés à terme à réfréner les réponses prédominantes non appropriées dans le contexte. Toutefois, cela pourrait s'expliquer en tant que nous n'avons pas considéré pour le calcul des scores d'efficience les performances réalisées par les enfants à la Tour de Londres, épreuve qui implique la fonction de Restriction.

Au regard de l'ensemble de ces résultats, il semble que la statut à la naissance n'a eu qu'un effet très limité sur les performances inhibitrices des enfants évalués dans le cadre de cette troisième étude.

L'absence de différence significative entre les enfants nés à terme et les enfants anciens prématurés à la plupart des épreuves qui leur ont été proposées serait selon nous le reflet du manque de représentativité des groupes. Cette assertion se fonde sur plusieurs éléments. Tout d'abord et nous l'avons déjà signalé, la constitution du groupe témoin s'est révélée relativement malaisée. Nous nous sommes également aperçus que plusieurs professeurs qui avaient répondu positivement à notre requête l'avaient fait en raison du thème de la recherche, à savoir les processus attentionnels chez les enfants - nés à terme et prématurés -. Pour ces enseignants, c'est bien cette attention qui faisait défaut chez certains de leurs élèves. Par ailleurs, nous avons rencontré au cours de cette étude plusieurs enfants nés très précocement qui étaient extrêmement brillants, comme l'attestent non seulement leurs performances aux épreuves passées, mais aussi – et peut-être plus objectivement - leurs résultats aux évaluations nationales réalisées à l'entrée du CE2. Pour certains de ces enfants, ces notes (exprimées en pourcentages de réussite) sont très supérieures à celles moyennes relevées au niveau national[143].

A titre d'exemple et lorsque seuls les enfants scolarisés dans la classe attendue pour leur âge sont considérés, les 4 enfants qui étaient nés très grands prématurés ont obtenu un score de 106,75 ± 8,85 à l'échelle Séquentielle du K-ABC, contre 104,24 ± 12,12 pour le groupe des enfants témoins nés à terme. En revanche, les performances réalisées par les deux mêmes groupes à l'échelle Simultanée de la batterie tendent à confirmer l'existence de difficultés dans le domaine visuo-spatial chez les enfants nés aux termes les plus extrêmes, et ce, en dépit d'un niveau élevé d'efficience cognitive. Ainsi, le groupe des enfants nés à terme a obtenu une note moyenne de 109,30 ± 14,49 à l'échelle Simultanée, contre 91,75 ± 11,00 dans le groupe des anciens très grands prématurés.

---

[143] Les deux enfants anciens très grands prématurés (parmi les 4 de ce groupe) pour lesquels nous disposions de ces données ont « en moyenne » obtenu les résultats suivants : 90% de réussites en français et 87,5% de réussites en mathématiques.

Si ces résultats sont très encourageants pour quiconque s'intéresse au devenir des enfants nés prématurément, en revanche, ils ne nous semblent pas autoriser de comparaisons valides.

De fait, il nous semble utile de reprendre les comparaisons relatives au niveau d'efficience des trois fonctions inhibitrices sur la base des données issues de notre seconde étude, selon la même démarche que celle qui vient d'être détaillée.

4.3. Niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices dans les différents groupes d'enfants évalués dans le cadre de notre seconde étude

En ce qui concerne les enfants évalués dans le cadre de notre seconde étude, nous ne considérons pour les analyses qui suivent que les enfants qui étaient scolarisés soit en classe de CE2, soit en classe de CM2. En effet, nous avons – et nous les avons émis - quelques doutes quant à la validité des résultats obtenus chez les élèves de CM1.

La même procédure que celle explicitée juste avant a été employée.

Ainsi, nous avons standardisé les scores obtenus par les enfants rencontrés pour notre seconde étude aux épreuves exécutives qui leur ont été proposées. Il s'agissait, pour rappel, de la seconde partie du subtest Suites de Mots, de l'épreuve des Gestes Contraires, des tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique, de l'épreuve d'empan à l'envers et enfin de la Tour de Londres. Comme chez les enfants rencontrés pour notre troisième étude, nous avons également appliqué cette procédure de centrage-réduction aux scores standardisés obtenus par les enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC.

Sur la base des résultats des analyses confirmatoires – qui ont été rappelées plus avant -, le calcul des « scores d'efficience » des enfants sur les trois fonctions attribuées à l'inhibition a été effectué de la manière suivante :

- pour la fonction d'Accès : en additionnant les scores standardisés des enfants au subtest Suites de Mots du K-ABC et aux deux épreuves de fluence verbale ;
- pour la fonction de Nettoyage : en additionnant les scores standardisés obtenus par les enfants à l'épreuve d'empan à l'envers et à l'échelle Séquentielle du K-ABC ; et enfin
- pour la fonction de Restriction : en additionnant les scores standardisés des enfants à l'épreuve des Gestes Contraires et aux deux épreuves de fluence verbale[144].

Nous présentons dans le tableau 6.17 les résultats des analyses descriptives et univariées relatives à l'effet du statut à la naissance sur les scores d'efficience des trois fonctions inhibitrices, et ce, chez les élèves de CE2 et chez les élèves de CM2 rencontrés pour notre seconde étude. Nous nous sommes assurés que les condition d'application de l'ANOVA étaient remplies[145].

---

[144] Là encore, nous n'avons pas tenu compte des performances des enfants à la Tour de Londres, en tant que plusieurs enfants n'ont pas passé cette épreuve du fait de contraintes temporelles.

[145] Dans tous les groupes d'enfants et pour les deux classes d'âge considérées, sauf chez les enfants nés avant 33 SA élèves de CE2 en ce qui concerne la fonction de Restriction, les scores d'efficience des trois fonctions

Les mêmes résultats ont été obtenus avec le test non-paramétrique de Kruskal Wallis, à la différence près que chez les élèves de CM2, l'effet du statut à la naissance sur le score d'efficience de la fonction de Restriction est tendanciel.

Ces analyses portent sur 58 élèves de CE2 et sur 27 élèves de CM2. Parmi les enfants scolarisés en classe de CE2, 20 étaient nés à terme, 15 prématurés légers et 23 grands ou très grands prématurés. Parmi les enfants scolarisés en CM2, 15 étaient nés à terme, 3 prématurés légers et 9 grands ou très grands prématurés.

Tableau 6.17 : Scores d'efficience (moyenne ± écart-type) sur les fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; signification), chez les enfants rencontrés pour notre seconde étude

CLASSE	**CE2**				**CM2**			
	Nés à terme (≥ 37 SA)	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**	**ANOVA (F* ; p)**	**Nés à terme (≥ 37 SA)**	**Prématurés légers (33-36 SA)**	**Grands ou très grands prématurés (< 33 SA)**	**ANOVA (F* ; p)**
N	20	15	23		15	3	9	
	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type		Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	Moyenne ± Ecart-type	
Fonction d'Accès	1,09 ± 2,20	0,70 ± 2,01	-1,48 ± 1,84	F = 10,09 **p < 0,001**	1,21 ± 1,92	-0,72 ± 0,96	-1,69 ± 1,76	F = 7,55 **p = 0,003**
Fonction de Nettoyage	0,91 ± 1,80	-0,18 ± 1,37	-0,82 ± 1,43	F = 6,71 **p = 0,002**	0,98 ± 1,08	-1,55 ± 0,91	-0,96 ± 1,61	F = 9,24 **p = 0,001**
Fonction de Restriction	0,87 ± 1,84	0,94 ± 2,41	-1,40 ± 1,92	F = 8,91 **p < 0,001**	0,86 ± 1,46	-0,75 ± 1,43	-1,00 ± 2,18	F = 3,62 **p = 0,042**

*ddl = 2

Chez les élèves de CE2 et au regard des résultats présentés dans le tableau 6.17, le statut à la naissance a un effet significatif sur les scores d'efficience des enfants sur les trois fonctions octroyées à l'inhibition. C'est ainsi le cas en ce qui concerne la fonction d'Accès ($F = 10,09$; $ddl = 2$; $p < 0,001$), la fonction de Nettoyage ($F = 6,71$; $ddl = 2$; $p = 0,002$) et la fonction de Restriction ($F = 8,91$; $ddl = 2$; $p < 0,001$). La même remarque vaut pour les élèves de CM2. Chez ces enfants, le fait d'être né à terme, prématuré léger ou grand prématuré influe sur les scores d'efficience relatifs à la fonction d'Accès ($F = 7,55$; $ddl = 2$; $p = 0,003$), à la fonction de Nettoyage ($F = 9,24$; $ddl = 2$; $p = 0,001$) et à la fonction de Restriction ($F = 3,62$; $ddl = 2$; $p = 0,042$).

Les comparaisons *post hoc* réalisées avec la procédure de Bonferroni permettent de préciser ces résultats, par la localisation des différences inter-groupes significatives.

---

d'inhibition se distribuent normalement ; la signification associée à la statistique de Shapiro-Wilk est également tendancielle en ce qui concerne la fonction de Nettoyage chez les témoins élèves de CE2 ainsi que les fonctions d'Accès et de Nettoyage chez les enfants nés avant 33 SA élèves de CM2. Par ailleurs et pour chacune des trois variables dépendantes considérées, les variances peuvent être considérées comme équivalentes dans les différents groupes, chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2.

Chez les élèves de CE2,

• en ce qui concerne la fonction d'Accès : les enfants nés grands ou très grands prématurés ont des scores significativement inférieurs à ceux des enfants témoins nés à terme d'une part ($p < 0,001$), à ceux des enfants nés prématurés légers d'autre part ($p = 0,006$) ;

• en ce qui concerne la fonction de Nettoyage : les enfants nés à terme obtiennent en moyenne des scores significativement plus élevés que les enfants nés avant 33 SA, grands ou très grands prématurés ($p = 0,002$) ; enfin

• en ce qui concerne la fonction de Restriction : les enfants nés grands ou très grands prématurés ont des scores significativement inférieurs à ceux des enfants témoins nés à terme d'une part ($p = 0,002$), à ceux des enfants nés prématurés légers d'autre part ($p = 0,003$).

Chez les élèves de CM2,

• en ce qui concerne la fonction d'Accès : les enfants nés à terme obtiennent en moyenne des scores significativement plus élevés que les enfants nés avant 33 SA, grands ou très grands prématurés ($p = 0,003$) ;

• en ce qui concerne la fonction de Nettoyage : les enfants nés à terme obtiennent en moyenne des scores significativement plus élevés que les enfants nés prématurés légers d'une part ($p = 0,013$), que les enfants nés grands ou très grands prématurés d'autre part ($p = 0,004$) ; et enfin

• en ce qui concerne la fonction de Restriction : les enfants nés à terme obtiennent en moyenne des scores significativement plus élevés que les enfants nés grands ou très grands prématurés ; la différence entre les groupes tend vers la significativité ($p = 0,052$).

Ainsi et quel que soit l'âge des enfants, les enfants nés avant 33 SA auraient plus de difficultés comparés aux témoins nés à terme à maintenir hors de la mémoire de travail les informations inutiles pour l'activité en cours d'une part, à réfréner les comportements prédominants inappropriés dans le contexte d'autre part. Chez les enfants les plus jeunes élèves de CE2, les enfants nés avant 33 SA se distinguent également des enfants nés prématurés légers quant à leurs scores d'efficience sur les fonctions d'Accès et de Restriction.

Chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2, les enfants nés avant 33 SA ont également plus de difficultés que les témoins à actualiser les informations contenues dans la mémoire de travail, c'est-à-dire à rejeter de la mémoire de travail les informations pas ou plus pertinentes pour l'activité en cours. Chez les enfants scolarisés en classe de CM2, les mêmes problèmes s'observent chez les enfants nés prématurés légers.

La différence observée entre le score d'efficience moyen des enfants nés prématurés légers et le score moyen des enfants nés grands prématurés élèves de CE2 concernant la fonction d'Accès « disparaît » chez les élèves de CM2 ; c'est également le cas en ce qui concerne la fonction de Restriction. Chez les élèves de CE2 par ailleurs, seuls les enfants nés avant 33 SA se différencient des témoins nés à terme en ce qui concerne l'efficience de la fonction de Nettoyage. Chez les élèves de CM2 en revanche, les enfants nés à terme montrent davantage de facilités à actualiser les contenus de la mémoire de travail que les enfants anciens prématurés, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité.

Chez les enfants scolarisés en CE2 et en CM2, le statut à la naissance influe de façon significative sur les niveaux d'efficience des trois fonctions inhibitrices. Aux deux âges, les

enfants nés grands ou très grands prématurés obtiennent sur ces trois fonctions des « scores d'efficience » significativement inférieurs à ceux des enfants nés à terme. Chez les enfants les plus âgés - élèves de CM2 -, les enfants nés prématurés légers se distinguent des témoins nés à terme quant au niveau d'efficience de la fonction de Nettoyage[146].

5. Conclusion

Notre troisième étude, qui a fait l'objet de ce chapitre, visait plusieurs objectifs. Il s'agissait dans un premier temps de préciser l'organisation des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999). Nous souhaitions également éclairer les rôles de ces fonctions dans les performances d'enfants d'âge scolaire à des épreuves exécutives d'une part, aux échelles des Processus Mentaux de la batterie d'intelligence K-ABC d'autre part. Par là, nous voulions dans un second temps déterminer si les trois fonctions attribuées à l'inhibition sont ou non également affectées par une naissance prématurée.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons rencontré 105 enfants - nés à terme ou prématurés - âgés de 8 ans, qui étaient pour la plupart scolarisés en classe de CE2. Nous avons soumis ces enfants à plusieurs épreuves.

La principale limite de cette étude, comme ce fut le cas avec celle précédente, tient à la constitution des groupes. Ainsi, de la même manière que lors de notre seconde étude, les enfants anciens prématurés étaient issus d'un service hospitalier unique. Parmi les enfants indemnes de séquelles neurologiques nés au cours de l'année 1996 qui avaient séjourné au sein du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, seule une faible proportion a effectivement pu être rencontrée. Cet état de fait pose le problème de la représentativité des deux groupes d'enfants anciens prématurés (enfants nés prématurés légers et enfants nés grands ou très grands prématurés) constitués pour cette troisième étude, par rapport à l'ensemble des naissances prématurées – sans complication – ayant eu lieu à la Maternité Régionale de Nancy. Quelques éléments, et notamment leurs résultats aux évaluations nationales réalisées à l'entrée du CE2, nous amènent à douter du caractère représentatif du groupe des enfants nés grands ou très grands prématurés. Parmi ces derniers, plusieurs enfants se sont révélés extrêmement performants. A l'inverse et cette proposition s'appuie en particulier sur les commentaires de plusieurs enseignants, un nombre non négligeable d'enfants « témoins » qui étaient nés à terme présentait des difficultés d'attention.

Ces problèmes d'échantillonnage soulèvent la question de la validité des résultats obtenus, validité qui paraît pour le moins douteuse en ce qui concerne les comparaisons

---

[146] L'ensemble de ces résultats iraient dans le sens d'une moindre grande efficacité des trois fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction chez les enfants nés prématurés légers, à mesure qu'ils avancent en âge.

effectuées relatives aux performances cognitives et inhibitrices des différents groupes d'enfants distingués sur la base du statut à la naissance. Néanmoins, la qualité de l'échantillon pourrait avoir une incidence moins importante sur les résultats des analyses confirmatoires, en tant que celles-ci se fondent sur les liens observés, pour chacun des enfants évalués, entre les performances aux différentes épreuves qui lui ont été soumises.

Une autre limitation inhérente à cette troisième étude tient aux choix des épreuves.

Nous avons justifié, en nous appuyant sur les résultats obtenus dans le cadre de l'étude nationale Epipage, l'emploi de la batterie K-ABC pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés.

Par ailleurs, les épreuves exécutives – que nous avions déjà employées pour notre seconde étude - ont été choisies en tant qu'elles ont été utilisées dans plusieurs recherches récentes relatives au devenir des enfants nés prématurément ; elles sont d'ailleurs classiquement employées avec des populations infantiles. Après avoir montré que ces épreuves impliquent effectivement un contrôle inhibiteur, il s'agissait dans cette dernière étude de préciser quelle(s) fonction(s) inhibitrice(s) ces épreuves permettent de mesurer.

Ainsi, les problèmes qui se sont posés ont essentiellement concerné le choix des épreuves employées pour évaluer les trois fonctions inhibitrices d'intérêt. Du fait de contraintes pratiques, nous nous sommes résolus à utiliser des épreuves « papier-crayon » ne nécessitant que peu de matériel. Les tâches utilisées dans cette étude ont pour la plupart été adaptées d'épreuves existantes ; le choix nous semble d'ailleurs assez restreint. A notre connaissance, ces épreuves n'ont jamais été employées pour évaluer spécifiquement l'une ou l'autre des fonctions octroyées à l'inhibition.

Parmi les tâches choisies pour cette étude, l'épreuve de barrage des « 3 » de la BREV s'est révélée inappropriée pour l'évaluation de la fonction d'Accès, chargée d'interdire aux informations inutiles pour l'activité en cours d'accéder en mémoire de travail. Pour tenter de préciser ce point, nous avons comparé entre eux plusieurs modèles d'équations structurales postulant l'influence des trois fonctions inhibitrices, de chacune des trois fonctions ou d'aucune de ces fonctions sur les performances des enfants à l'épreuve de barrage. Le modèle « le moins mauvais » est celui selon lequel cette épreuve dépend de la fonction d'Accès, comme nous le prévoyions. Toutefois, les indices d'adéquation produits par ce modèle ne sont pas satisfaisants. Un certain nombre d'enfants nés grands ou très grands prématurés présente des problèmes dans le domaine visuo-spatial. Ceux-ci interfèrent notamment avec les activités de recherche et d'exploration spatiales, et pourraient donc affecter les performances des enfants dans les épreuves de barrage. De fait, il pourrait être intéressant de reprendre les comparaisons de modèles structuraux – relatives aux contributions des trois fonctions inhibitrices dans les performances à l'épreuve de barrage de la BREV - sur la base des performances d'enfants « tout-venant ».

Il est également apparu que l'épreuve d'interférence proactive, en tous cas telle qu'elle a été proposée aux enfants dans le cadre de notre travail, ne mesurait pas suffisamment bien la

fonction de Nettoyage. D'autres épreuves, telles que celles des paires associées, pourraient peut-être se révéler plus appropriées pour appréhender cette fonction chargée de rejeter de la mémoire de travail les informations pas ou plus pertinentes pour la tâche en cours.

Comparées aux deux épreuves qui viennent d'être évoquées (tâche de barrage et épreuve d'interférence proactive), les sept autres épreuves utilisées dans cette étude se sont révélées plus adaptées pour l'évaluation des trois fonctions attribuées à l'inhibition. En effet, chacune de ces épreuves était corrélée de façon significative à la fonction qu'elle était supposée évaluer.

Des analyses confirmatoires ont été réalisées à partir des performances de 101 enfants pour lesquels nous disposions de données valides, parmi les 105 rencontrés pour cette étude. Sur la base des résultats de ces analyses, il apparaît que deux des modèles développés pour préciser l'organisation des trois fonctions inhibitrices produisent des indices d'adéquation – aux données observées - satisfaisants. Il s'agit, en l'occurrence, du modèle dit « à trois facteurs corrélés » et du modèle « à deux facteurs » qui postule l'unité des fonctions d'Accès et de Nettoyage. Les résultats obtenus à partir du premier modèle « à trois facteurs corrélés », développé sur la base de considérations théoriques, sont en accord avec l'hypothèse que nous avons formulée relative à l'organisation des trois fonctions attribuées à l'inhibition : ces fonctions sont séparables, mais non totalement indépendantes les unes des autres. Le deuxième modèle appuie quant à lui la proposition selon laquelle un lien fort existe entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage, la seconde étant mise en oeuvre suite à un défaut de la première. Ce modèle « à deux facteurs corrélés » permet de rendre compte des données aussi bien que le premier modèle, et avec davantage de parcimonie.

Il nous paraît légitime de poser que les deux modèles dont il vient d'être question se conforment aux données de la littérature. Pour autant, il n'est pas exclus qu'avec d'autres épreuves – d'autres variables manifestes - nous soyons parvenus à des résultats différents. De fait, il nous semble que des études doivent être développées portant sur l'organisation des fonctions conférées à la notion fondamentale d'inhibition. La démarche statistique choisie pour cette étude, qui se base sur des analyses factorielles **confirmatoires**, paraît particulièrement pertinente pour répondre à cette question. Elle constitue également un moyen commode, si tant est que l'échantillon et le choix des épreuves soient « assurés », pour s'intéresser à ce que mesurent précisément les épreuves exécutives complexes. Par ce biais, nous avons pu conforter plusieurs données de la littérature, relatives aux processus à l'œuvre dans ces épreuves. De la même manière, les modèles structuraux apparaissent utiles pour préciser le rôle des fonctions inhibitrices dans l'efficience cognitive globale. Enfin, de tels modèles pourraient également servir à préciser, ce que nous n'avons pas fait au cours de ce travail, les relations entre l'inhibition – ou les fonctions inhibitrices - et d'autres notions primordiales dans les théories actuelles du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs, telles que la mémoire de travail ou la vitesse de traitement de l'information, entre autres.

Nous souhaitions dans un dernier temps déterminer si les trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999) étaient également affectées par une naissance avant terme, dépendant de sa précocité. Pour tenter de répondre à cet objectif, nous nous sommes

intéressés à l'effet du statut à la naissance sur ce que nous avons appelé les « scores d'efficience » obtenus par les enfants sur chacune des trois fonctions inhibitrices. Ces scores ont été calculé sur la base des résultats des analyses confirmatoires en additionnant, pour chaque fonction, les scores standardisés des enfants à toutes les épreuves retenues dont nous avons montré qu'elles évaluent cette fonction. Les analyses univariées réalisées montrent que, chez les enfants rencontrés pour notre troisième étude, le statut à la naissance n'a d'effet significatif que sur le niveau d'efficience de la fonction de Nettoyage ; en revanche, il ne semble pas avoir d'incidence sur les fonctions inhibitrices d'Accès et de Restriction. En outre, cet effet est relativement « limité » : la seule différence inter-groupe significative relative aux scores d'efficience des enfants sur la fonction de Nettoyage s'observe entre les enfants témoins nés à terme et les enfants nés prématurés légers. Cette différence est en défaveur des enfants anciens prématurés.

Comme nous l'avons déjà signalé néanmoins, les problèmes rencontrés lors de la constitution des groupes pour notre troisième étude ont pour conséquence de limiter fortement la portée des résultats – si ce n'est de les invalider - des comparaisons effectuées entre les différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance, relatives au niveau d'efficience des trois fonctions de l'inhibition. De fait, nous avons fait le choix de reprendre ces comparaisons à partir des données obtenues dans le cadre de notre seconde étude, chez des enfants scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2. En raison de problèmes d'échantillonnage une fois encore, nous n'avons pas considéré les résultats des enfants qui étaient élèves de CM1.

Chez les élèves de CE2 comme chez ceux de CM2 évalués dans le cadre de notre seconde étude, le statut à la naissance apparaît avoir un effet significatif sur les niveaux d'efficience des trois fonctions attribuées à l'inhibition : Accès, Nettoyage et Restriction. Aux deux âges, les enfants nés grands ou très grands prématurés obtiennent sur ces trois fonctions des « scores d'efficience » significativement inférieurs à ceux des témoins nés à terme. Chez les enfants les plus âgés scolarisés en classe de CM2, les enfants nés prématurés légers se distinguent également des enfants nés à terme quant au niveau d'efficience de la fonction de Nettoyage. Cette dernière observation va dans le sens des résultats que nous avons obtenus lors de notre troisième étude, en dépit des réserves qui ont été émises quant à leur validité.

Sur la base de l'ensemble de ces résultats, deux propositions peuvent être établies, qui demandent à être éprouvées.

Chez les enfants nés prématurés légers, seule la fonction de nettoyage des informations en mémoire de travail - chargée du rejet de cet espace des informations qui ne sont pas ou qui ne sont plus pertinentes pour l'activité en cours -, serait affectée. Plus exactement, le niveau d'efficience moyen de cette fonction serait inférieur chez les enfants nés prématurés légers en comparaison avec des enfants témoins nés à terme.

Chez les enfants nés avant 33 SA, c'est-à-dire chez les enfants nés grands ou très grands prématurés, les trois fonctions inhibitrices seraient « perturbées ».

Nous discutons ces points, et d'autres, dans le dernier chapitre de ce travail.

Discussion – Conclusion

Les séquelles tardives légères de la prématurité font depuis plusieurs années l'objet de nombreuses recherches. Certains troubles sont mentionnés de façon récurrente dans la littérature relative au devenir des enfants nés prématurément. Ils touchent différents aspects de la cognition, et concernent également la sphère comportementale (François & al., 1998). Une meilleure compréhension des difficultés observées des enfants anciens prématurés depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'adolescence est essentielle. Elle devrait en effet permettre, sinon la prévention de ces troubles, au moins l'amélioration de leur prise en charge.

Pour tenter de rendre compte d'une partie des difficultés évoquées, l'hypothèse d'un déficit inhibiteur chez les enfants anciens prématurés d'âge scolaire a été récemment émise (Mellier & Fessard, 1998 ; Willatts & al., 1994). L'inhibition est globalement définie comme un ensemble de processus attentionnels chargés de la suppression d'informations, externes ou internes, non pertinentes pour l'activité en cours (Harnishfeger, 1995 ; Vom Hofe, 1998). Ces processus jouent un rôle essentiel dans des domaines extrêmement variés de la cognition (Bjorklund, 1997 ; Houdé, 2003). Cet état de fait explique que, depuis quelques années, nombre de dysfonctionnements cognitifs sont interprétés en termes de déficit d'inhibition.

L'inhibition, concept central s'il en est dans les théories actuelles du fonctionnement et des dysfonctionnements cognitifs (Camus, 1996 ; Dempster & Brainerd, 1995 ; Houdé, 1998), souffre néanmoins de problèmes définitoires et méthodologiques. Selon les auteurs, différents aspects du contrôle inhibiteur sont mis en avant. En outre, l'inhibition est appréhendée au travers de tâches très hétéroclites, qui relèvent de comportements plus ou moins complexes (voir notamment Vom Hofe & al., 1998). Les corrélations observées entre ces épreuves sont généralement faibles, et des déficits spécifiques ne touchant que certains des processus inhibiteurs ont été observés dans plusieurs populations « pathologiques ». Actuellement, la question se pose de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus d'inhibition.

Sur la base de ces éléments, nous nous sommes intéressés au fonctionnement inhibiteur d'enfants nés à terme *vs* prématurés. Par là, nous cherchions tout d'abord à éprouver l'hypothèse de l'existence d'un déficit d'inhibition chez les enfants anciens prématurés, à l'âge scolaire. Nous souhaitions ensuite éclairer l'organisation des trois fonctions inhibitrices qui ont été distinguées par Hasher et al. (1999). Concernant ce dernier point, nous voulions plus précisément déterminer si ces trois fonctions peuvent être considérées comme unitaires, ou au contraire si elles doivent être clairement séparées. Une telle recherche aurait pu être menée chez des enfants « tout-venant ». Néanmoins, l'étude du fonctionnement inhibiteur d'enfants supposés souffrir d'un déficit à ce niveau nous semble présenter un avantage majeur compte tenu de nos intérêts. Ainsi, le fait qu'une seule des trois fonctions octroyées à l'inhibition soit affectée par une naissance avant terme, ou que des fonctions différentes soient atteintes dépendant du degré de sévérité de la prématurité, permettrait de conforter l'hypothèse de la « séparabilité » des fonctions inhibitrices. Enfin, notre travail avait également pour objectifs de préciser ce que (*i.e.*, quelles fonctions inhibitrices) mesurent plusieurs épreuves utilisées dans des recherches récentes relatives au fonctionnement exécutif d'enfants anciens prématurés d'une part, de mieux comprendre comment l'inhibition intervient dans le fonctionnement cognitif global d'autre part.

Trois études comparatives ont été développées au cours de ce travail, qui visaient à répondre aux différents objectifs mentionnés.

Dans la première étude, nous nous sommes intéressés aux performances aux épreuves de la batterie d'intelligence standardisée K-ABC d'enfants nés à terme *vs* prématurés qui avaient été évalués dans le cadre de l'étude nationale Epipage, à l'âge de 5 ans. Cette étude visait essentiellement à éprouver, sur la base d'éléments empiriques, la pertinence de cette batterie pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés.

Afin d'éprouver l'hypothèse d'un déficit inhibiteur chez les enfants nés prématurément d'âge scolaire et, par là, de justifier le choix de cette population pour l'étude de l'inhibition, nous avons évalué lors d'une seconde étude des enfants nés à terme *vs* prématurés élèves de CE2, CM1 et CM2. Outre les subtests de la batterie K-ABC, ces enfants ont passé plusieurs épreuves exécutives considérées comme impliquant un contrôle inhibiteur.

Enfin, notre troisième étude visait à préciser l'organisation des trois fonctions attribuées à l'inhibition, ainsi que les rôles respectifs de ces fonctions dans les épreuves exécutives déjà évoquées et dans le fonctionnement cognitif global. Nous avons rencontré pour cette étude des enfants nés à terme *vs* prématurés qui étaient scolarisés en classe de CE2. Ceux-ci ont répondu à neuf épreuves employées pour évaluer chacune l'une des trois fonctions de l'inhibition. Les épreuves exécutives utilisées dans la seconde étude et les subtests du K-ABC ont aussi été proposés aux enfants.

Limites méthodologiques

L'une des principales limites de notre travail tient à des problèmes d'échantillonnage. Celui-ci paraît bien assuré dans des études telles qu'Epipage, qui présente un certain nombre de garanties méthodologiques. Epipage est en effet une étude multicentrique, qui porte sur une zone géographique étendue – celle-ci couvre environ un tiers des naissances annuelles en France -. Elle est prospective, longitudinale, et se fonde sur la comparaison de différents groupes d'enfants établis selon le statut à la naissance, d'effectifs importants. Ainsi, la représentativité de l'échantillon est assurée et, par là, la validité des résultats.

Nous l'avons déjà mentionné, les deux autres études réalisées dans le cadre de ce travail de thèse ne présentent pas ces garanties. Parce que nous nous intéressions au fonctionnement cognitif et inhibiteur d'enfants nés à terme *vs* prématurés d'âge scolaire, il n'était pas concevable de suivre les enfants depuis leur naissance. Par ailleurs et pour chacune de ces études – les modalités de recrutement des enfants étaient identiques dans les deux cas -, les familles des enfants anciens prématurés rencontrés ont été contactées par l'intermédiaire du seul service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy, et non *via* différents centres hospitaliers d'une région géographique définie, comme ce fut le cas dans l'étude Epipage. En outre, seul un quart environ des enfants qui satisfaisaient aux critères d'inclusion dans nos études a effectivement été évalué. Dans la seconde et la troisième études en effet, près de la moitié des familles pour lesquelles nous disposions de renseignements n'a pu être retrouvée. Et, parmi celles contactées, plus de la moitié des familles n'a pas répondu à notre courrier ou a refusé de pendre part à l'étude. De fait, la question demeure ouverte de la représentativité des groupes d'enfants anciens prématurés constitués pour ces deux études, par rapport à l'ensemble des enfants nés prématurément ayant séjourné au sein du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy au cours des périodes considérées.

Les problèmes rencontrés lors de la constitution des groupes témoins d'enfants nés à terme ont été évoqués à plusieurs reprises. Du fait de contraintes pratiques et temporelles, ces enfants ont été recrutés au sein d'écoles de la banlieue nancéenne (circonscription de Jarville). Il était en effet difficilement envisageable d'apparier les groupes selon la classe fréquentée en allant évaluer un enfant né à terme dans chaque classe où était scolarisé un enfant ancien prématuré participant à notre étude. Toutefois, un biais nous semble être apparu, qui tient au fait que plusieurs enseignants ayant répondu positivement à notre requête ont affirmé être confrontés à l'existence de difficultés attentionnelles chez certains de leurs élèves. Cet état de fait pourrait avoir pour conséquence une sous-estimation des effets induits par la prématurité dans la sphère cognitive, et plus particulièrement une mésestimation de ses conséquences au niveau du fonctionnement attentionnel inhibiteur.

Par ailleurs, nous avons tenu compte pour nos trois études de certaines variables évoquées dans le premier chapitre qui sont susceptibles d'influer sur le développement des enfants nés prématurément : l'âge, le sexe, le caractère normotrophe *vs* hypotrophe à la naissance, le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse et le niveau d'études de la mère notamment. Toutefois, de nombreux autres facteurs peuvent moduler la relation entre le statut de l'enfant à la naissance et ses performances cognitives à l'âge scolaire (Brazy & al., 1991), qui n'ont pas été considérés. En particulier, les contraintes organisationnelles n'ont pas permis de maîtriser le problème lié aux fluctuations rythmiques de l'efficience cognitive - et notamment de l'efficience attentionnelle – (Leconte & Beugnet-Lambert, 1988 ; Hasher, Chung, May & Foong, 2002). Il aurait également été opportun de considérer plusieurs variables relatives à l'enfant – concernant son état de santé à la naissance et au cours de la période néonatale par exemple (voir notamment Gutbrod & al., 2000) -, ainsi que des facteurs environnementaux « proximaux » (Aylward, 1992), bien que ceux-ci sont souvent difficiles à opérationnaliser. Enfin, il ne nous a pas été possible d'assurer totalement la standardisation des conditions de passation dans nos deux dernières études. En effet, les enfants anciens prématurés ont pour la très grande majorité d'entre eux été rencontrés dans le service de Consultations de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy. Les enfants témoins ont quant à eux été évalués dans les locaux de leurs écoles. Pour autant, nous avons fait en sorte que les modalités de passation soient les plus semblables possibles pour l'ensemble des enfants que nous avons rencontrés.

Ainsi et bien qu'elle ne puisse jamais être totalement satisfaite, se pose la question de la comparabilité des groupes considérés dans nos différentes études.

Le choix des épreuves a également été discuté plus avant ; nous revenons brièvement sur ce point.

L'utilisation d'une batterie d'intelligence standardisée constitue un préalable indispensable dans les recherches relatives au fonctionnement cognitif de populations infantiles spécifiques (Chevalier, 1997). La batterie standardisée K-ABC nous semblait particulièrement adaptée pour l'évaluation des enfants anciens prématurés (Deforge & Toniolo, 2004). Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude nationale Epipage, qui portent sur les performances aux subtests du K-ABC d'enfants nés à terme *vs* prématurés âgés de 5 ans, ont confirmé le bien-fondé de cet instrument. De fait, celui-ci a été utilisé dans les études que nous avons menées par la suite avec des enfants d'âge scolaire.

Les épreuves exécutives employées dans notre seconde étude et reprises dans la troisième ont été utilisées dans plusieurs recherches récentes relatives au devenir des enfants nés prématurément (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Allin & al., 2001 ; Harvey & al., 1999 ; Isaacs & al., 2000 ; Luciana & al., 1999 ; Mellier & al., 1999 ; Rieck & al., 1996 ; Rushe & al., 2001; Willatts & al., 1994). Nous voulions dans un premier temps montrer que ces épreuves mesurent bien ce qu'elles étaient supposées mesurer, à savoir l' « inhibition ». Nous souhaitions préciser cette observation dans un second temps, en déterminant les rôles respectifs des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à ces épreuves.

Pour notre troisième étude enfin, nous avons employé neuf épreuves pour évaluer les trois fonctions attribuées à l'inhibition, chacune de ces fonctions étant appréhendée au travers de trois épreuves. Celles-ci ont été choisies sur la base de la revue de la littérature réalisée, en tenant compte toutefois de contraintes pratiques. Parmi les épreuves utilisées pour évaluer la fonction d'Accès – *i.e.*, de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail -, l'épreuve de barrage de la BREV s'est révélée inadaptée. Des analyses confirmatoires ont montré que cette tâche ne mesurait pas suffisamment bien cette fonction ; elle ne ferait d'ailleurs intervenir aucune des trois fonctions inhibitrices[147]. Les mécanismes à l'œuvre lors de la résolution des épreuves de barrage, dont il est admis qu'elles permettent l'évaluation des capacités d'attention sélective, demandent à être précisés. Par ailleurs, des réserves doivent être émises concernant l'épreuve d'interférence proactive, utilisée dans notre étude pour évaluer la fonction de nettoyage des informations en mémoire de travail. En effet, la corrélation entre cette fonction de Nettoyage et l'épreuve d'interférence proactive est légèrement inférieure au seuil de significativité. Il nous semble ainsi que d'autres épreuves, et notamment celle des « paires associées » (Neill & Mathis, 1998), auraient pu ici se trouver mieux adaptées. Cette proposition demande à être éprouvée. Si le choix des épreuves susceptibles d'être utilisées pour évaluer les fonctions d'Accès et de Nettoyage nous a paru relativement limité, davantage d'épreuves auraient pu, selon nous, convenir pour mesurer la fonction de Restriction. Cela est notamment le cas des tâches *go / no go* et des épreuves d'anti-saccade, comme par ailleurs du paradigme de génération aléatoire ; nous ne les avons pas employés en tant qu'il s'agit d'épreuves informatisées. Cela est également le cas du test de Hayling (Burgess & Shallice, 1996a). Celui-ci nous paraît particulièrement intéressant, bien que l'interprétation des performances des enfants anciens prématurés à cette épreuve puisse souffrir du fait qu'elle fait appel aux capacités lexicales qui pourraient être amoindries chez certains de ces enfants. A notre connaissance cependant, l'adaptation de cette épreuve pour des populations infantiles est toujours en cours.

---

[147] Toutefois, le fait que cette tâche mette en jeu les capacités d'exploration et de recherche spatiale, et que celles-ci soient déficitaires chez les enfants anciens grands prématurés – qui représentaient près du tiers des enfants considérés pour ces analyses -, pourrait avoir eu une influence sur les résultats obtenus, de la même manière que des différences au niveau des processus périphériques impliqués peuvent masquer l'existence de points communs entre plusieurs épreuves exécutives (voir notamment Miyake & al., 2000).

Nous reprenons maintenant les principaux résultats obtenus dans le cadre de notre travail de thèse. Dans un premier temps, nous nous intéressons aux performances aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC des enfants d'âge préscolaire rencontrés pour l'étude Epipage et des enfants d'âge scolaire évalués dans le cadre de nos deux dernières études, au regard du statut à la naissance. Nous évoquons également quelques-unes des principales variables ayant eu une influence à ce niveau. Dans un second temps, nous rappelons les résultats des analyses confirmatoires effectuées dans notre troisième étude, qui étaient relatives à l'organisation et aux rôles des trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al. (1999). Enfin, nous apportons quelques éléments de réponse concernant l'effet du statut à la naissance sur le niveau d'efficience des trois fonctions inhibitrices.

Performances des enfants nés à terme *vs* prématurés aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC

• L'échelle Séquentielle du K-ABC comporte trois épreuves de mémoire immédiate, visuelle et auditive. De fait, les performances des enfants à cette échelle sont fortement liées aux capacités attentionnelles. Sur la base des données de la littérature, nous avions émis deux hypothèses relatives aux performances en Séquentiel des enfants nés à terme *vs* prématurés.

Nous nous attendions à ce que les anciens prématurés réalisent à l'échelle Séquentielle des performances d'autant moins élevées que les enfants sont nés précocement. En d'autres termes, nous nous attendions à observer des différences significatives à ce niveau entre les enfants nés prématurés légers et ceux nés grands prématurés. Or, cela n'a été le cas ni chez les enfants âgés de 5 ans évalués pour Epipage, ni chez les enfants d'âge scolaire que nous avons rencontrés pour nos deux dernières études. *Ces observations n'appuient pas les conclusions formulées par plusieurs auteurs, selon lesquelles les troubles attentionnels sont d'autant plus importants que la prématurité est sévère (Hack & al., 1994 ; Klebanov & al., 1994).*

En référence aux résultats de l'étude menée par Huddy et al. (2001) notamment, qui ont fait état de troubles de l'attention chez des enfants anciens prématurés légers à l'âge scolaire, nous nous attendions également à ce que les enfants nés prématurés légers se distinguent des témoins au regard de leurs scores en Séquentiel. Chez les enfants d'âge préscolaire rencontrés dans le cadre de l'étude Epipage, cette proposition n'a pu être vérifiée. En revanche, chez les élèves de CM2 rencontrés pour notre seconde étude (mais non chez les élèves plus jeunes de CE2 et de CM1) et chez les enfants scolarisés en classe de CE2 évalués pour notre troisième étude, les témoins réalisent de meilleures performances dans les épreuves de mémoire immédiate que les enfants anciens prématurés légers. *L'ensemble de ces résultats irait dans le sens d'une accentuation des différences entre les enfants nés à terme et ceux nés prématurés légers en ce qui concerne l'efficience attentionnelle, à mesure que les enfants avancent en âge.* En d'autres termes, les troubles de l'attention relevés chez certains enfants nés grands prématurés à l'âge préscolaire et scolaire pourraient apparaître plus tardivement chez les enfants anciens prématurés légers.

• L'échelle Simultanée du K-ABC permet l'évaluation de plusieurs habiletés impliquées dans la résolution de problèmes basés sur des informations visuelles et spatiales. Sur la base de la revue de la littérature réalisée, nous nous attendions à ce que les enfants nés grands prématurés, mais non ceux nés prématurés légers, obtiennent des scores inférieurs à ceux des enfants nés à terme à cette échelle.

Si cette observation est, nous l'avons vu, à nuancer, les enfants nés prématurés légers âgés de 5 ans évalués pour Epipage réalisent de plus faibles performances en Simultané en comparaison avec des enfants nés à terme. La même remarque vaut pour les enfants élèves de CE2 rencontrés dans notre troisième étude. Au cours de notre seconde étude menée chez des enfants scolarisés depuis le CE2 jusqu'au CM2 en revanche, seuls les enfants nés avant 33 SA, et non ceux nés prématurés légers, se distinguent des témoins quant à leurs scores en Simultané.

Les difficultés observées dans le domaine visuo-spatial concernent essentiellement les enfants nés grands ou très grands prématurés. Toutefois, certains enfants nés prématurés légers pourraient éprouver des gênes à ce niveau, à l'âge préscolaire et scolaire. Ce point – i.e., l'effet différentiel de la sévérité de la prématurité sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC - reste donc à préciser.

• L'échelle des Processus Mentaux Composites du K-ABC combine les échelles Séquentielle et Simultanée. Par là, elle permet une estimation du niveau global d'efficience cognitive des enfants.

Chez les enfants rencontrés pour Epipage à l'âge de 5 ans comme chez les enfants d'âge scolaire évalués pour nos deux autres études, les témoins nés à terme réalisent en Processus Mentaux Composites des performances généralement supérieures à celles des enfants anciens prématurés, et ce, quel que soit le degré de sévérité de la prématurité. A cette même échelle, les enfants d'Epipage et les élèves de CE2 de notre seconde étude qui étaient nés avant 33 SA se distinguent également des enfants nés prématurés légers. Cela n'est plus le cas chez les enfants plus âgés scolarisés en CM2 évalués pour notre seconde étude.

L'ensemble de ces observations va dans le sens d'une diminution des différences observées au niveau des performances cognitives entre les enfants nés prématurés légers et les enfants nés grands prématurés, à mesurent qu'ils avancent en âge. En d'autres termes, les effets de la prématurité sur le fonctionnement cognitif pourraient se révéler d'autant plus tardivement que la prématurité est légère.

Plusieurs variables influent sur le développement des enfants nés prématurément, et ainsi peuvent moduler la relation entre le statut des enfants à la naissance et leurs performances cognitives aux âges préscolaire et scolaire. Les résultats obtenus au cours de notre travail confirment que l'effet de ces facteurs varie non seulement en fonction du domaine de la cognition qui est appréhendé (Aylward & al., 1989), mais aussi en fonction de l'âge des enfants (Aylward, 1992).

A tous les âges et comme attendu, la variable qui détermine le plus fortement les performances cognitives des enfants est le statut à la naissance (*i.e.*, le fait que l'enfant soit né à terme, prématuré léger, grand prématuré ou très grand prématuré). Le niveau d'études de la mère a également une influence importante à ce niveau (voir aussi McCormick & al., 1990 ; Robertson & al., 1990). Plusieurs auteurs – mais pas tous (Taylor & al., 1998) - ont montré que, chez les enfants nés prématurément, l'influence des variables socio-environnementales sur le développement est d'autant plus forte que les enfants avancent en âge ; à l'inverse, l'impact des variables bio-médicales diminuerait avec le temps (Dittrichova & al., 1996 ; Fawer & al., 1995). Les résultats obtenus au cours de nos études ne permettent pas d'appuyer cette proposition.

Par ailleurs, plusieurs études ont abouti à la mise en évidence de différences inter-sexes significatives au niveau des performances cognitives, chez les enfants nés prématurément. Dans la plupart de ces études, les filles obtiennent aux épreuves d'intelligence des scores plus élevés que les garçons (Bloch Petersen & al., 1990 ; Huddy & al., 2001 ; Korkman & al., 1996 ; Yliherva & al., 2001). Chez les enfants d'âge préscolaire évalués dans le cadre de l'étude Epipage comme chez les enfants plus âgés rencontrés pour notre seconde étude, le sexe a une influence sur les performances cognitives des enfants témoins nés à terme, mais non sur celles des enfants anciens prématurés. De fait, il ne nous est pas possible d'affirmer que les conséquences d'une naissance avant terme sont moins délétères, en termes d'efficience cognitive, chez les filles que chez les garçons. Ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs (Hutton & al., 1997 ; Saigal & al., 1991 ; Taylor & al., 2000).

L'hypotrophie à la naissance est considérée comme un facteur de risque de troubles du développement à plus ou moins long terme (Kanazawa & al., 1997), accentuant les effets d'une naissance prématurée (McCormick & al., 1990 ; Sansavini & al., 1996). Selon certains auteurs, les dysfonctionnements cérébraux associés au défaut de croissance intra-utérin pourraient contribuer à la survenue de difficultés spécifiques d'attention au cours de l'enfance (Hawdon & al., 1990 ; Robson & Cline, 1998). La caractère hypotrophe *vs* normotrophe à la naissance n'a pas eu d'incidence sur les performances – et notamment sur leurs scores en Séquentiel - des enfants d'âge préscolaire inclus dans l'étude nationale Epipage. En revanche, chez les enfants d'âge scolaire que nous avons rencontrés, l'hypotrophie à la naissance a un effet négatif sur les notes obtenues par les anciens prématurés à l'échelle Séquentielle du K-ABC. Tel que cela a été posé par Robson et Cline, l'hypotrophie à la naissance pourrait avoir une influence négative sur les capacités attentionnelles des enfants. Néanmoins, cet effet pourrait n'apparaître que relativement tardivement, en l'occurrence pas avant le primaire.

Les autres variables prises en compte dans nos études, et parmi elles le caractère singulier *vs* multiple de la grossesse, la situation maritale des parents et le fait que l'enfant soit ou non bilingue, semblent avoir un effet beaucoup plus limité sur les performances cognitives des enfants anciens prématurés.

Organisation et rôles des trois fonctions de l'inhibition

Des analyses confirmatoires ont été réalisées sur la base des données issues de notre troisième étude. Elles visaient à préciser l'organisation des trois fonctions octroyées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) d'une part, à éclairer les rôles de ces fonctions dans les performances à plusieurs épreuves exécutives et dans l'efficience cognitive globale d'autre part.

Les résultats de ces analyses s'opposent à l'hypothèse selon laquelle les trois fonctions inhibitrices peuvent être unifiées, c'est-à-dire à l'idée actuellement débattue de l'unité fonctionnelle des processus inhibiteurs. Nos résultats ne permettent pas non plus de considérer que les fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. sont totalement indépendantes les unes des autres. Il semble donc bien, comme nous le supposions, que les trois fonctions de l'inhibition peuvent être considérées comme séparables, bien qu'elles aient quelque chose en commun. Les indicateurs d'adéquation du modèle « à trois facteurs corrélés », qui se fonde sur cette hypothèse, sont satisfaisants.

Nous supposions toutefois qu'un lien plus fort devait exister entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage qu'entre celles-ci et la fonction de Restriction. La fonction d'Accès est chargée de maintenir hors de la mémoire de travail les informations distractrices. La fonction de Nettoyage doit quant à elle rejeter de cet espace de travail les informations non pertinentes pour l'activité en cours (qui aurait pu accéder à la mémoire de travail du fait d'un défaut de la première fonction d'Accès) et celles devenues inutiles en cours de tâche. De fait, la fonction de Nettoyage devrait être mise en oeuvre lorsque la fonction d'Accès est déficitaire. Sur la base des résultats des analyses confirmatoires, il apparaît effectivement que les fonctions d'Accès et de Nettoyage sont fortement liées l'une à l'autre[148] ; plus encore, ces deux fonctions pourraient même être confondues. Ainsi, nous avons comparé le modèle à trois facteurs corrélés à un modèle à deux facteurs, créé en fixant la corrélation entre les variables latentes Accès et Nettoyage à 1. Ce modèle, légitime d'un point de vue théorique, peut être considéré comme aussi bon que le modèle à trois facteurs corrélés.

Si les fonctions d'Accès et de Nettoyage pourraient être confondues, la fonction de restriction de l'accès à des réponses « prédominantes » inappropriées dans le contexte nous semble devoir être distinguée des premières. Ainsi, la notion globale d'inhibition évoquée dans la littérature revêt - au moins – deux fonctions distinctes. La première serait chargée du contrôle des informations entrant et maintenues activées dans la mémoire de travail. La seconde renverrait à la fonction de Restriction, chargée de restreindre l'accès aux comportements prédominants inappropriés dans le contexte. Néanmoins, cette fonction de Restriction ne peut être considérée comme totalement indépendante des fonctions d'Accès et de Nettoyage. De fait et comme cela est le cas plus généralement pour les fonctions dites « exécutives » (Bull & Scerif, 2001 ; Miyake & al., 2000), le débat qui porte sur l'unité *vs* la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs doit être dépassé. Pour le moins, ce débat doit tenir compte du niveau d'analyse auquel on se place : la diversité constatée, dans une certaine mesure en tous cas, au niveau des trois fonctions inhibitrices s'accompagne d'une unité à un niveau supérieur.

---

[148] Ainsi, la corrélation estimée dans le modèle « à trois facteurs corrélés » entre les fonctions d'Accès et de Nettoyage (r = 0,78) est plus élevée comparée aux estimations des corrélations entre les fonctions d'Accès et de Restriction (r = 0,44) d'une part, les fonctions de Nettoyage et de Restriction (r = 0,47) d'autre part.

Cette dernière observation peut rendre compte de l'apparente divergence des résultats obtenus au cours de ce travail. Dans le cinquième chapitre en effet, nous avons montré sur la base d'analyses en composantes principales que plusieurs épreuves exécutives, dont nous supposions qu'elles impliquent des fonctions inhibitrices différentes, saturent sur un seul et même facteur ; nous avons postulé qu'il s'agit de l'efficience inhibitrice. Dans le sixième chapitre, il est apparu que l'inhibition revêt plusieurs fonctions. Si les corrélations observées entre les trois fonctions inhibitrices peuvent expliquer les résultats de l'ACP, néanmoins, les limites des analyses exploratoires apparaissent ici clairement.

Contribution des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à plusieurs épreuves exécutives

Considérant que les trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) pouvaient être séparées – pour aboutir à des résultats plus clairs, nous avons conservé le modèle « à trois facteurs corrélés » pour ces analyses -, nous avons cherché à préciser leurs rôles respectifs dans les performances des enfants à plusieurs épreuves utilisées dans des recherches récentes relatives au fonctionnement exécutif d'enfants anciens prématurés, dont il semble qu'elles impliquent effectivement un contrôle inhibiteur. Pour chacune de ces épreuves et sur la base de considérations théoriques, nous avons comparé entre eux plusieurs modèles d'équations structurales. Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail corroborent pour la plupart les données de la littérature.

L'épreuve d'empan à l'envers nécessiterait une actualisation continue des informations gardées actives en mémoire de travail. Par là, elle ferait intervenir la fonction inhibitrice de Nettoyage. Sur la base des données obtenues au cours de notre troisième étude en revanche, il ne semble pas que l'épreuve d'empan à l'envers implique l'inhibition d'une réponse prédominante, en l'occurrence le rappel des items dans l'ordre dans lequel ils ont été énoncés. Ce point reste à confirmer, avec des enfants de différents âges ou avec différentes populations.

Les tâches de fluence verbale impliqueraient quant à elles la fonction de contrôle de l'accès des informations en mémoire de travail, *i.e.*, le maintien hors de cet espace des items non pertinents au regard de la consigne. Ces épreuves feraient également intervenir la fonction de Restriction. Dans ce cas précis, celle-ci pourrait renvoyer à la capacité de passer (de *switcher*) d'une sous-catégorie – sémantique ou phonologique, dépendant du type d'épreuve - à une autre lorsque la première sous-catégorie est épuisée, c'est-à-dire lorsque plusieurs exemplaires d'une catégorie donnée ont été énoncés et que les autres exemplaires de cette catégorie sont moins disponibles.

Enfin, les résultats des comparaisons des modèles développés pour préciser les rôles des fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres appuient les conclusions de l'étude de Miyake et al. (2000) menée auprès de jeunes adultes. Il semble bien en effet que la fonction de Restriction a une influence sur le nombre de modèles réussis au premier essai à cette épreuve. Pour reproduire un modèle en un minimum de déplacements, le sujet - enfant comme adulte – doit inhiber la tendance à répondre sur la base d'indices perceptifs. Il apparaît néanmoins que, selon la variable dépendante considérée, les processus évalués peuvent différer légèrement. Ainsi, la reproduction des douze modèles de l'épreuve en un minimum d'essais nécessiterait, outre la fonction de Restriction, celle de Nettoyage. En cas d'échec à un essai donné – *i.e.*, lorsque le nombre de déplacements effectués pour reproduire le modèle est supérieur à celui « autorisé » -, l'individu doit modifier sa stratégie de réponse.

Contribution des trois fonctions inhibitrices dans les performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée du K-ABC

Nous nous sommes également intéressés aux rôles respectifs des trois fonctions inhibitrices dans l'efficience cognitive globale, ici appréhendée au travers des performances des enfants aux échelles Séquentielle et Simultanée de la batterie K-ABC.

Comme attendu, les performances des enfants dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle du K-ABC dépendent essentiellement de la fonction de nettoyage de la mémoire de travail. Ces résultats appuient les conclusions formulées par plusieurs auteurs, dont Page et Norris (1998) selon lesquels dans les épreuves impliquant le rappel immédiat d'items et plus généralement dans la cognition quotidienne, une information est inhibée dès son rappel.

La fonction de Nettoyage apparaît également avoir une influence sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée de la batterie Kaufman. L'impact des fonctions d'Accès et de Restriction à ce niveau est moins clair. Parce que les épreuves de cette échelle évaluent des habiletés diverses, il convient de préciser ces premières observations en s'intéressant aux rôles différentiels des trois fonctions de l'inhibition dans les performances à chacun des subtests de l'échelle Simultanée.

Si l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de notre travail de thèse relatifs à l'organisation et aux rôles des trois fonctions octroyées à l'inhibition est globalement conforme aux propositions de plusieurs auteurs, l'utilisation d'autres épreuves pour évaluer les trois fonctions inhibitrices aurait pu amener à d'autres conclusions.

Les modèles structuraux qui ont été comparés pour éprouver l'hypothèse de la diversité des trois fonctions inhibitrices se basaient sur des épreuves « papier-crayon », choisies à partir d'une revue de la littérature. L'épreuve de barrage de la BREV, et dans une moindre mesure la tâche d'interférence proactive, se sont révélées inadaptées pour l'évaluation des fonctions qu'elles étaient supposées mesurer – les fonctions d'Accès et de Nettoyage, respectivement -. Par ailleurs, il semble que l'épreuve des Gestes Contraires et la tâche conflictuelle auditive devraient être « complexifiées » - allongées ? – lorsqu'elles sont proposées à des enfants d'âge scolaire.

En tout état de cause, nos résultats demandent à être vérifiés.

Effet du statut à la naissance sur le niveau d'efficience des trois fonctions inhibitrices

Nous rappelons les résultats obtenus au cours de ce travail relatifs à l'effet du statut à la naissance sur le niveau d'efficience des trois fonctions de l'inhibition. Parce que d'autres épreuves auraient pu mieux convenir pour évaluer ces trois fonctions, des réserves sont émises concernant le caractère généralisable de nos conclusions.

Les enfants nés prématurés légers ne se distingueraient des enfants témoins nés à terme qu'en ce qui concerne l'efficacité de la fonction de nettoyage des informations en mémoire de travail. En comparaison avec les témoins, les enfants anciens prématurés légers auraient ainsi davantage de difficultés à actualiser les informations contenues en mémoire de travail, c'est-à-dire à rejeter de cet espace les informations inutiles pour l'activité en cours et celles ayant perdu le statut d'informations pertinentes.

Chez les enfants nés grands ou très grands prématurés et toujours en comparaison avec des enfants nés à terme, les trois fonctions inhibitrices seraient « perturbées ». Ainsi, les enfants nés avant 33 SA auraient davantage de difficultés à garder hors de la mémoire de travail et à rejeter de celle-ci les informations non pertinentes pour la tâche en cours. Ils seraient également moins aptes que les témoins à réfréner les réponses « prédominantes », automatiquement activées par le contexte, automatisées – parce qu'effectuées à plusieurs reprises - ou prêtes à être exécutées, qui sont inappropriées dans la situation donnée.

Le fait que les enfants nés prématurés légers présentent un niveau d'efficience plus faible que les témoins en ce qui concerne la fonction de Nettoyage, mais non concernant la fonction d'Accès, pourrait inciter à séparer effectivement les trois fonctions inhibitrices distinguées par Hasher et al., et non simplement les fonctions d'Accès et de Nettoyage de la fonction de Restriction.

Par ailleurs, nous nous sommes posés la question, à plusieurs reprises au cours de ce travail, de l'effet différentiel de la sévérité de la prématurité sur les performances attentionnelles. Plusieurs auteurs ont fait état chez les enfants anciens prématurés de troubles de l'attention d'autant plus importants que ces enfants étaient nés précocement (Hack & al., 1994 ; Klebanov & al., 1994). Les comparaisons que nous avons réalisées relatives aux performances à l'échelle Séquentielle du K-ABC d'enfants nés prématurés légers *vs* grands prématurés, à l'âge préscolaire et scolaire, n'ont pas permis de conforter les conclusions des études évoquées.

Néanmoins, nous avons montré que les performances des enfants en Séquentiel dépendaient fortement du niveau d'efficience de la fonction de Nettoyage. Il apparaît également que cette fonction est perturbée chez les enfants anciens prématurés indépendamment du degré de sévérité de la prématurité ; cela pourrait alors expliquer nos résultats en ce qui concerne les performances des enfants en Séquentiel. En revanche et contrairement aux enfants nés prématurés légers, les anciens grands prématurés se distinguent également des témoins quant à l'efficacité des fonctions d'Accès et de Restriction.

Les difficultés d'attention seraient donc bien, tel que plusieurs auteurs l'ont suggéré, d'autant plus « étendues » que la prématurité est sévère.

Nous souhaitons encore aborder deux points : d'une part, la question de la spécificité des déficits cognitifs observés chez certains enfants anciens prématurés, et d'autre part, les causes possibles, en termes d'atteintes cérébrales, de tels déficits.

La spécificité des déficits cognitifs associés à une naissance prématurée

Une naissance avant terme peut être source de difficultés – minimes – dans des domaines extrêmement variés de la cognition. Nous l'avons vu, ces difficultés touchent différentes habiletés verbales et non-verbales, ainsi que la sphère comportementale. Elles concernent également plusieurs fonctions exécutives, dont l' « inhibition ». De telles allégations pourraient suggérer qu'une naissance avant terme peut être à l'origine d'un déficit cognitif global. Le fait que des différences aient été observées, dans nos études, entre les différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance à la plupart des épreuves de la batterie d'intelligence K-ABC irait aussi dans ce sens.

Toutefois, de nombreux éléments s'opposent à l'idée d'un déficit cognitif global chez les enfants anciens prématurés. Tout d'abord, les habiletés affectées par une naissance avant terme diffèrent selon le degré de sévérité de la prématurité[149]. Concernant ce point, l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de ce travail supporte les conclusions de nombreuses études. Par ailleurs, il a été proposé que la prématurité influe sur l'efficacité de plusieurs processus exécutifs de base, tels que la mémoire de travail (Anderson, Doyle & al., 2004 ; Curtis & al., 2002 ; Isaacs & al., 2000 ; Luciana & al., 1999 ; Rieck & al., 1996) ou les capacités de planification (Harvey & al., 1999 ; Luciana & al., 1999 ; Willatts & al., 1994) notamment. Nos résultats confirment son impact sur l'efficience de l'inhibition. Les fonctions inhibitrices ont un rôle essentiel dans des secteurs très divers[150] (Barkley, 1997 ; Camus, 1996). En affectant ces processus centraux, une naissance avant terme pourrait avoir des conséquences dans la plupart des domaines de la cognition ; cela est d'ailleurs observé. Enfin, la majorité des enfants anciens prématurés est scolarisée « normalement », *i.e.*, dans la classe attendue pour l'âge. Cet état de fait, même si cela peut paraître plus subjectif, s'oppose à l'idée de l'existence, chez ces enfants, de déficits affectant l'ensemble du fonctionnement cognitif. Une telle proposition n'a de fait jamais été émise.

Nous ne nous sommes pas donné les moyens de répondre à cette question de la spécificité des troubles observés chez certains enfants qui étaient nés prématurément. Les recherches dans ce domaine sont essentielles dans une perspective de prise en charge. En effet, s'il importe de préciser les fonctions particulièrement affectées par une naissance prématurée, il est tout aussi fondamental de déterminer les processus sauvegardés, sur lesquels l'enfant pourra s'appuyer pour fonctionner efficacement. Néanmoins, cette tâche est rendue difficile en tant qu'une naissance avant terme peut avoir une influence sur des processus exécutifs « supérieurs » d'une part, sur des processus périphériques – non-exécutifs – impliqués dans des domaines variés de la cognition d'autre part.

---

[149] Il faut cependant noter que dans la plupart des cas, lorsqu'une différence significative est relevée entre les enfants témoins nés à terme et ceux nés prématurés légers, elle est également observée entre le groupe témoin et les enfants nés grands prématurés.

[150] Les fonctions inhibitirces ont un impact sur de nombreuses habiletés verbales et non-verbales, dont celles mathématiques (Bull & Scerif, 2001) ; elles influencent aussi, nous l'avons vu, les performances dans toutes les tâches qui nécessitent un traitement successif des informations (apprentissage de notions temporelles telles que les jours de la semaine, orthographe, exécution d'une séquence motrice).

Tentative d'explication des déficits inhibiteurs associés à une naissance prématurée

Les déficits d'inhibition ont très tôt et pendant longtemps été associés à une atteinte corticale touchant – uniquement - la région frontale. Néanmoins, les observations réalisées au moyen de tests supposés mettre en jeu l'inhibition tels que le Stroop, le *Wisconsin Card Sorting Test* ou le test de Hayling montrent d'une part que la contribution des régions frontales à l'explication du déficit n'est pas toujours évidente, et d'autre part qu'elle n'exclut pas, dans tous les cas où elle est avérée, la contribution d'une autre région voire un déficit massif (Vom Hofe, 1998). Bien qu'il existe un certain nombre de données suggérant l'existence de difficultés à inhiber une information ou une réponse non pertinente chez les patients frontaux, la méthodologie des études sur lesquelles se sont basés les neuropsychologues pour soutenir l'hypothèse d'un support neurologique frontal aux déficits inhibiteurs pose un certain nombre de problèmes. Mellier et Fessard (1998) ont également cherché à vérifier la ressemblance entre les performances d'anciens prématurés âgés de 12 ans et celles d'adolescents fronto-lésés à des tâches d'inhibition. Contrairement à ce qui était attendu, les anciens prématurés apparaissent adopter des modes de résolution de problèmes différents de ceux des patients frontaux dans les tests utilisés. Pour les auteurs, ces résultats modèrent la portée de la « métaphore frontale » émise pour comprendre les effets de la prématurité sur le développement. Au regard notamment des plus faibles performances des sujets âgés dans les tâches impliquant un contrôle inhibiteur, certains auteurs privilégient l'idée selon laquelle celui-ci serait sous la dépendance de régions diffuses dans le cerveau (Morris, 1994).

Ces dernières années, de nombreuses recherches ont porté sur les soubassements cérébraux des fonctions exécutives, et en particulier sur les bases cérébrales de l'efficience inhibitrice. Elles ont largement bénéficié des avancées considérables relatives aux techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle. Ces techniques ont en effet permis de localiser, en temps réel et chez des sujets sains, les régions cérébrales activées au cours de tâches cognitives. Par ce biais, Houdé et al. (2000) ont également étudié l'impact au niveau cérébral d'un apprentissage de l'inhibition, en l'occurrence de l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive lors de tâches de logique déductive. Il apparaît qu'un tel apprentissage entraîne une reconfiguration très nette des réseaux cérébraux. Avant apprentissage en effet, les zones de plus forte augmentation du débit sanguin cérébral – *i.e.*, les zones plus activées avant l'apprentissage qu'après, mises en évidence par TEP – correspondent à un réseau postérieur bilatéral. Il s'agit plus précisément de régions des cortex occipital, pariétal et temporal, impliquées dans les fonctions perceptives. Les zones davantage activées après l'apprentissage qu'avant se situent quant à elles au niveau du cortex préfrontal (pour plus de détails, voir aussi Houdé & al., 2002).

Avec ces techniques d'imagerie cérébrale, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'implication du cortex cingulaire antérieur droit dans la condition Interférence du Stroop. Cette région qualifiée de « paralimbique », située sur la face interne du cerveau, est en relation très étroite avec le cortex préfrontal (Houdé, Mazoyer & Tzourio-Mazoyer, 2002). Elle est actuellement considérée comme impliquée dans la détection de conflits entre réponses (Bush, Luu & Posner, 2000, cités par Houdé, 2003). Cette condition du Stroop est également « liée » à l'activation de l'aire 45 de Brodmann (Pardo, Pardo, Janer & Raichle, 1990), sous-région du gyrus frontal inférieur. Dans le *Wisconsin Card Sorting Test* par ailleurs, l'inhibition par l'individu de sa stratégie antérieure de catégorisation au profit d'une nouvelle stratégie - *i.e.,* le *set shifting* – serait associée à une activation du gyrus frontal inférieur gauche, situé sur la face externe (la partie latérale) du cortex préfrontal gauche (Konishi, Nakajima, Uchida, Kameyama, Nakahara, Sekihara & Miyashita, 1998 ; Konishi, Jimura, Asari & Miyashita, 2003). Bunge, Ochsner, Desmond, Glover et Gabrieli (2001) considèrent ainsi que le cortex cingulaire antérieur droit est chargé de détecter les conflits ; le gyrus frontal inférieur gauche serait quant à lui chargé de la résolution de ces conflits, c'est-à-dire du contrôle inhibiteur proprement dit.

Les deux épreuves dont il vient d'être question nous semblent avoir pour point commun d'impliquer la fonction inhibitrice de Restriction. Il s'agirait en effet pour le sujet d'inhiber la réponse « automatique » de lecture dans la condition Interférence du Stroop, de supprimer une stratégie validée à plusieurs reprises dans le cas du WCST. De fait, il nous paraît légitime d'imaginer que la fonction de Restriction évoquée par Hasher et al. (1999) puisse être sous la dépendance du cortex cingulaire antérieur droit et du gyrus frontal inférieur gauche, entre autres.

L'activation de l'aire 45 de Brodmann – *i.e.*, de la portion latérale du cortex préfrontal – a également été observée lorsque des sujets devaient répondre à une tâche d'interférence proactive (Dolan & Fletcher, 1997, cités par Jonides, Smith, Marshuetz, Koeppe & Reuter-Lorenz, 1998), comme par ailleurs lors de la suppression de souvenirs « indésirables » (*unwanted memories*) (Anderson, Ochsner, Kuhl, Cooper, Robertson, Gabrieli, Glover & Gabrieli, 2004). Dans ce cas précis, l'activation du cortex préfrontal – qui concerne davantage l'hémisphère gauche (Anderson, Ochsner & al., 2004 ; voir aussi Jonides & al., 1998) - est associée à une diminution de l'activation de l'hippocampe, structure qui joue un rôle essentiel dans la mémoire (Squire, 1992 ; Zola & al., 2000). Selon Anderson, Ochsner et al. (2004, p. 232), le cortex préfrontal interagirait avec l'hippocampe – il exercerait une inhibition sur l'hippocampe - :

« *people suppress unwanted memories by recruiting lateral prefrontal cortex to disengage hippocampal processing* ».

Les résultats des études menées par les auteurs appuient cette hypothèse. Néanmoins, d'autres régions sont également activées lors de la suppression d'informations non pertinentes : le cortex cingulaire antérieur (qui correspond à l'aire 32 de Brodmann) – celui-ci intervient aussi lors de la résolution du Stroop et du WCST -, le cortex préfrontal ventrolatéral (aire 46 de Brodmann), ainsi que des aires pré-motrices notamment (Anderson, Ochsner & al., 2004).

Sur la base de ces éléments, nous pensons que la fonction inhibitrice de Nettoyage dépend notamment, comme d'ailleurs la fonction de Restriction, d'une sous-région - au moins - du gyrus frontal inférieur gauche, à savoir l'aire 45 de Brodmann, ainsi que du cortex cingulaire antérieur. Elle serait également associée à une diminution du niveau d'activation de l'hippocampe.

Nous avons vu dans le premier chapitre qu'une naissance avant terme peut être à l'origine de dysfonctionnements cérébraux. Ceux-ci concernent la substance blanche – il s'agit en l'occurrence de défauts de myélinisation - d'une part, des structures corticales et sous-corticales d'autre part. Concernant ces dernières, plusieurs auteurs ont fait état d'anomalies au niveau de l'hippocampe chez les enfants anciens prématurés (Briscoe & al., 2001 ; Peterson & al., 2000 ; Rose & Feldman, 1996). En dépit d'une taille identique de la tête, ces enfants présentent des volumes hippocampiques plus petits que ceux des témoins (Isaacs & al., 2000). Par ailleurs, Luciana et al. (1999) suggèrent que les plus faibles performances des enfants nés avant terme à des épreuves évaluant l'efficience exécutive pourraient aussi être le reflet de dysfonctionnements touchant d'autres parties du cerveau, et notamment le cortex préfrontal.

Les anomalies constatées au niveau de l'hippocampe chez des enfants anciens prématurés pourraient expliquer que ces enfants éprouvent des difficultés à actualiser les informations activées en mémoire de travail. Toutefois, toutes les études évoquées qui ont abouti à la mise en évidence d'altérations de l'hippocampe portaient sur des enfants nés grands prématurés. Or, si ces enfants présentent un niveau d'efficience plus faible que les enfants nés à terme en ce qui concerne la fonction inhibitrice de Nettoyage, la même remarque vaut pour les enfants nés prématurés légers. Cet état de fait suggère que la prématurité légère peut avoir une incidence sur la croissance hippocampique ; cela reste à vérifier. Par ailleurs, les atteintes préfrontales pourraient quant à elles rendre compte du plus faible niveau d'efficience des trois fonctions inhibitrices chez les enfants nés grands prématurés. Toutefois, ces propositions ne sont qu'hypothétiques. La mise en œuvre des processus inhibiteurs est associée à l'activation de nombreuses régions corticales et sous-corticales.

Finalement, les connaissances sont encore largement insuffisantes, en ce qui concerne l'organisation des fonctions inhibitrices, leurs rôles dans des domaines variés de la cognition, et leurs fondements cérébraux. De la même manière, les conséquences d'une naissance avant terme sur le développement doivent être clarifiées, et le rôle - des déficits - des fonctions inhibitrices sur les séquelles tardives légères de la prématurité précisé. Les analyses factorielles confirmatoires, comme par ailleurs les techniques d'imagerie cérébrale, permettront sans doute d'éclairer dans l'avenir les liens entre prématurité et fonctionnement inhibiteur.

Bibliographie

ABEL-SMITH, A. E., & KNIGHT-JONES, E. B. (1990). The abilities of very low-birthweight children and their classroom controls. Developmental Medicine and Child Neurology, 32, 590-601.

ACHENBACH, T. M., PHARES, V., HOWELL, C. T., RAUH, V. A., & NURCOMBE, B. (1990). Seven-Year Outcome of the Vermont Intervention Program for Low-Birthweight Infants. Child Development, 61, 1672-1681.

ADAM, S., VAN DER LINDEN, M., & COLLETTE, F. (2001). Processus attentionnels et vieillissement normal. In J. COUILLET, M. LECLERCQ, C. MORONI & P. AZOUVI (Eds). La neuropsychologie de l'attention. Marseille : Solal (pp.129-155).

ALBARET, J. –M., & MIGLIORE, L. (1999). Test de Stroop. Manuel. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

ALIN AKERMAN, B. (1995). Eight-year follow-up of cognitive development in 33 twin pairs. Acta Genetica Medicae et Gemellologiae, 44, 179-188.

ALLIN, M., MATSUMOTO, H., SANTHOUSE, A. M., NOSARTI, C., ALASASY, M. H. S., STEWART, A. L., RIFKIN, L., & MURRAY, R. (2001). Cognitive and motor function and the size of the cerebellum in adolescents born very pre-term. Brain, 124, 60-66.

AMAN, C. J., ROBERTS, R. J., & PENNINGTON, B. F. (1998). A neuropsychological examination of the underlying deficit in ADHD : The frontal lobe versus right parietal lobe theories. Developmental Psychology, 34, 956-969.

ANASTASI, A. (1984). The K-ABC in historical and contemporary perspective. The Journal of Special Education, 18 (3), 357-366.

ANDERSON, M. C., & BJORK, R. A. (1994). Mechanisms of inhibition in long-term memory : A new taxonomy. In D. DAGENBACH, & T. CARR (Eds). Inhibitory processes in attention, memory, and language. San Diego, CA : Academic Press (pp. 265-325).

ANDERSON, M. C., & GREEN, C. (2001). Suppressing unwanted memories by executive control. Nature, 410, 366-369.

ANDERSON, M. C., OCHSNER, K. N., KUHL, B., COOPER, J., ROBERTSON, E., GABRIELI, S. W., GLOVER, G. H., & GABRIELI, J. D. E. (2004). Neural systems underlying the suppression of unwanted memories. Science, 303, 232-235.

ANDERSON, M. C., & SPELLMAN, B. A. (1995). On the status of inhibitory mechanisms in cognition : Memory retrieval as a model case. Psychological Review, 102, 68-100.

ANDERSON, P. J., DOYLE, L. W., and the Victorian Infant Collaborative Study Group (2004). Executive functioning in school-aged children who were born very preterm or with extremely low birth weight in the 1990s. Pediatrics, 114 (1), 50-57.

ANDRES, P., & VAN DER LINDEN, M. (1998). Les capacités d'inhibition : une fonction « frontale » ? Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 48 (1), 33-38.

ANDRES, P., & VAN DER LINDEN, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. Journal of Gerontology : Psychological Sciences, 55B, 373-380.

ARBUCKLE, T. Y., & GOLD, D. P. (1993). Aging, inhibition and verbosity. Journal of Gerontology : Psychological Sciences, 48, 225-232.

ARBUTHNOTT, K. D. (1995). Inhibitory mechanisms in cognition : Phenomena and models. European Bulletin of Cognitive Psychology, 14, 3-45.

ARP, S., & FAGARD, J. (2001). Handicap visuo-manuel et comptage chez l'enfant IMC ancien prématuré. A.N.A.E., 65, 239-248.

ASTBURY, J. ORGILL, A., & BAJUK, B. (1987). Relationship between two-year behaviour and neurodevelopmental outcome at five years of very low-birthweight survivors. Developmental Medicine and Child Neurology, 29, 370-379.

ASTBURY, J., ORGILL, A. A., BAJUK, B., & YU, V. Y. H. (1985). Neonatal and neurodevelopmental signifiance of behavior in very low birthweight children. Early Human Development, 11, 113-121.

ASTBURY, J., ORGILL, A. A., BAJUK, B., & YU, V. Y. H. (1990). Neurodevelopmental outcome growth and health of extremely low-birthweight survivors : how soon can we tell ? Developmental Medicine and Child Neurology, 32, 582-589.

AYLWARD, G. P. (1990). Environmental influences on the developmental outcome of children at risk. Infants and Young Children, 2, 1-9.

AYLWARD, G. P. (1992). The relationship between environmental risk and developmental outcome. Developmental and Behavioral Pediatrics, 13 (3), 222-229.

AYLWARD, G. P. (2002). Cognitive and neuropsychological outcomes : more than IQ scores. Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews, 8, 234-240.

AYLWARD, G. P. (2003). Cognitive function in preterm infants : no simple answers. The Journal of the American Medical Association, 289, 752-753.

AYLWARD, G. P., HATCHER, R. P., LEAVITT, L. A., RAO, V., BAUER, C. R., JAYNE-BRENNAN, M., & GUSTAFSON, N. F. (1984). Factors affecting neurobehavioral responses of preterm infants at term conceptional age. Child Development, 55, 1155-1165.

AYLWARD, G. P., HATCHER, R. P., STRIPP, B., GUSTAFSON, N. F., & LEAVITT, L. A. (1985). Who goes and who stays : subject loss in a multicenter, longitudinal follow-up study. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 6, 3-8.

AYLWARD, G. P., PFEIFFER, S. I. (1989). Follow-up and outcome of low birthweight infants : conceptual issues and a methodology review. Australian Paediatric Journal, 25, 3-5.

AYLWARD, G. P., PFEIFFER, S. I., WRIGHT, A., & VERHULST, S. J. (1989). Outcome studies of low birth weignt infants published in the last decade : A metaanalysis. The Journal of Pediatrics, 115 (4), 515-520.

BACHER, F. (1987). Les modèles structuraux en psychologie. Présentation d'un modèle : LISREL. Première partie. Le Travail Humain, 50 (4), 347-370.

BACHER, F. (1988). Les modèles structuraux en psychologie. Présentation d'un modèle : LISREL. Deuxième partie. Le Travail Humain, 51 (4), 273-288.

BACHER, F. (2002). Les modèles d'analyse factorielle hiérarchiques. Bulletin de Psychologie, 55 (6), 573-581).

BADDELEY, A. (1986). Working Memory. Oxford, England : Oxford University Press.

BADDELEY, A. (1993). La mémoire humaine. Grenoble : PUG.

BADDELEY, A. (1996). Exploring the central executive. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A, 5-28.

BAILLARGEON, R., SPELKE, E. S., & WASSERMAN, S. (1985). Object permanence in 5-month-old infants. Cognition, 20, 191-208.

BAND, G. P. H., & VAN BOXTEL, G. S. M. (1999). Inhibitory motor control in stop paradigms : Review and reinterpretation of neural mechanisms. Acta Psychologica, 101, 179-211.

BANNON, S., GONSALVEZ, C. J., CROFT, R. J., & BOYCE, P. M. (2002). Response inhibition deficits in obsessive-compulsive disorder. Psychiatry Research, 110, 165-174.

BARKLEY, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive function : Constructing a unified theory of ADHD. Psychological Bulletin, 121, 65-94.

BASSO, O., OLSEN, J., & CHRISTENSEN, K. (1998). Risk of preterm delivery, low birthweight and growth retardation following spontaneous abortion : a registry-based study in Denmark. International Journal of Epidemiology, 27 (4), 642-646.

BEDARD, A. C., NICHOLS, S., BARBOSA, J. A., SCHACHAR, R., LOGAN, G. D., & TANNOCK, R. (2002). The development of selective inhibitory control across the life span. Developmental Neuropsychology, 21, 93-111.

BELL, M. A., & FOX, N. A. (1992). The relations between frontal brain electrical activity and cognitive development during infancy. Child Development, 63, 1142-1163.

BELLEVILLE, S., PERETZ, I., & MALENFANT, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in dementia of the Alzheimer type. Neuropsychologia, 34 (3), 195-207.

BENCH, C. J., FRITH, C. D., GRASBY, P. M., FRISTON, K. J., PAULESU, E., FRACKOWIAK, R. S. J., & DOLAN, R. J. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. Neuropsychologia, 31, 907-922.

BENNETT, F. C. (1988). Neurodevelopmental outcome in low birthweight infants : The role of developmental intervention. Clinics in Critical Care Medicine, 13, 221-249.

BENNETT, F. C. (1994). Developmental outcome. In AVERY, G. B., FLECTHER, M. A., & MacDONALD, M. G. (Eds). Neonatology : Pathology and Management of the Newborn. 4th ed. Philadelphia : Lippincott (pp. 1367-1386).

BENNETT, F. C., & SCOTT, D. T. (1997). Long-term perspective on premature infant outcome and contemporary intervention issues. Seminars in Perinatalogy, 21 (3), 190-201.

BENOÎT, G., FORTIN, L., LEMELIN, S., LAPLANTE, L., THOMAS, J., & EVERETT, J. (1992). L'attention sélective dans la dépression majeure: ralentissement clinique et inhibition cognitive. Revue Canadienne de Psychologie, 46 (1), 41-52.

BERG, E. A. (1948). A simple objective test for measuring flexibility in thinking. Journal of General Psychology, 39, 15-22.

BERGSTRÖM, J. A. (1894). The relation of the interference of the practice effect of an association. American Journal of Psychology, 6, 433-442.

BERKOWITZ, G. S., & PAPIERNIK, E. (1993). Epidemiology of preterm birth. Epidemiology Reviews, 15 (2), 414-443.

BESTGEN, Y., & DUPONT, V. (2000). Is negative priming a reliable measure for studying individual differences in inhibition ? Cahiers de Psychologie Cognitive, 19 (3), 287-305.

BHERER, L., BELLEVILLE, S., & PERETZ, I. (2001). Education, age, and the Brown-Peterson technique. Developmental Neuropsychology, 19 (3), 237-251.

BHUTTA, A. T., CLEVES, M. A., CASEY, P. H., CRADOCK, M. M., & ANAND, K. J. S. (2002). Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm. A meta-analysis. The Journal of the American Medical Association, 288 (6), 728-737.

BIRREN, J. E., & FISHER, L. M. (1995). Aging and speed of behavior : Possible consequences for psychological functioning. Annual Review of Psychology, 46, 329-353.

BJORK, R. A. (1989). Retrieval inhibition as an adaptative mechanism in human memory. In H. L. ROEDIGER, & F. I. M. CRAIK (Eds). Varietes of memory and consciousness : Essays in honour of Endel Tulving. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum (pp. 309-330).

BJORKLUND, D. F. (1997). In search of a metatheory for cognitive development (or, Piaget is dead and I don't feel so good). Child Development, 68, 144-148.

BJORKLUND, D. F., & HARNISHFEGER, K. K. (1990). The resources construct in cognitive development : diverse sources of evidence and a theory of inefficient inhibition. Developmental Review, 10, 48-71.

BJORKLUND, D. F., & HARNISHFEGER, K. K. (1995). The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior. In F. N. DEMPSTER, & C. J. BRAINERD (Eds). Interference and inhibition in cognition. New York : Academic Press (pp. 141-173).

BLACKMAN, J. A., LINDGREN, S. D., HEIN, H. A., & HARPER, D. C. (1987). Long-term surveillance of high-risk children. American Journal of Diseases of Children, 141, 1293-1299.

BLENNER, J. L. (1993). The discriminant capacity of the Stroop test in tumor neurosurgical patients and its relationship to visual evoked potential measure. Personality and Individual Differences, 15, 99-102.

BLOCH, H., LEQUIEN, P., & PROVASI, J. (2003). L'enfant prématuré. Paris : Armand Colin.

BLOCH PETERSEN, M., GREISEN, G., KOVACS, R., MUNCK, H., & FRIIS-HANSEN, B. (1990). Status at four years of age in 280 children weighing 2,300 g or less at birth. Danish Medical Bulletin, 37, 546-552.

BLONDEL, B., DU MAZAUBRUN, C., & BREART, G. (1996). Enquête nationale périnatale de 1995 : Rapport de fin d'études. PARIS : INSERM.

BLONDEL, B., GOFFINET, F., & BREART, G. (2001). Evaluation des soins en obstétrique. Les Editions INSERM.

BORELLA, E., DELALOYE, C., & DE RIBAUPIERRE, A. (2001). Interférence, inhibition et différences individuelles dans la tâche du Stroop Couleur. In A. FLIELLER, C. BOCEREAN, J. L. KOP, E. THIEBAULT, A. M. TONIOLO, & J. TOURNOIS (Eds). Questions de psychologie différentielle. Rennes : PUR (pp. 173-178).

BOTTING, N., POWLS, A., COOKE, R. W. I., & MARLOW, N. (1997). Attention deficit hyperactivity disorders and other psychiatric outcomes in very low birthweight children at 12 years. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38, 931-941.

BOTWINICK, J. (1973). Aging and behavior. New York : Springer.

BOUJON, C. (2002). Introduction. In C. BOUJON (Ed.). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition. Fonctionnements normal et pathologique. Marseille : Solal (pp.9-13).

BOUJON, C., & LEMOINE, K. (2002). Le rôle de l'inhibition dans le contrôle attentionnels des traitements. In C. BOUJON (Ed.). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition. Fonctionnements normal et pathologique. Marseille : Solal (pp.79-104).

BOUJON, C., & QUAIREAU, C. (1997). Attention et réussite scolaire. Paris : Dunod.

BRADLEY, R. H. (1989). The use of the Home Inventory in longitudinal studies of child development. In M. BORNSTEIN, & N. KRASNEGOR (Eds). Stability and continuity in mental development. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates Inc. (pp. 191-216).

BRAZY, J. E., ECKERMAN, C. O., OEHLER, J. M., GOLDSTEIN, R. F., & O'RAND, A. M. (1991). Nursery Neurobiologic Risk Score: important factors in predicting outcome in very low birth weight infants. The Journal of Pediatrics, 118, 783-792.

BRAZY, J. E., GOLDSTEIN, R. F., OEHLER, J. M., GUSTAFSON, K. E., & THOMPSON, R. J. Jr. (1993). Nursery Neurobiologic Risk Score: Levels of risk and relationships with nonmedical factors. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 14, 375-380.

BREART, G. (2001). Connaître le devenir des enfants nés très prématurément : un enjeu médical et de santé publique. Archives de Pédiatrie, 8, 248-249.

BRESLAU, N. (1995). Psychiatric sequelae of low birth weight. Epidemiological Review, 17, 96-106.

BRESLAU, N., BROWN, G. C., DELDOTTO, J. E., KUMAR, S., EZHUTHACHAN, S., ANDRESKI, P., & HUFNAGLE, K. G. (1996). Psychiatric sequelae of low birth weight at 6 years of age. Journal of Abnormal Child Psychology, 24, 385-400.

BRESLAU, N., KLEIN, N., & ALLEN, L. (1988). Very low birthweight : Behavioral sequelae at nine years of age. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 27, 605-612.

BRICKENKAMP, R. (1966). Le test d2 d'attention concentrée. Paris : Editest.

BRISCOE, J., GATHERCOLE, S. E., & MARLOW, N. (1998). Short-term memory and language development in preterm children. Journal of Speech and Hearing Research, 41, 654-666.

BRISCOE, J., GATHERCOLE, S. E., & MARLOW, N. (2001). Everyday memory and cognitive ability in children born very prematurely. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42 (6), 749-754.

BROADBENT, D. E., COOPER, P. F., FITZGERALD, P., & PARKES, K. R. (1982). The cognitive failures questionnaire (CFQ) and its correlates. British Journal of Clinical Psychology, 21, 1-16.

BRUNIA, C. H. M. (1998). The neuroanatomy of anticipatory behavior. Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition, 17 (4-5), 725-736.

BULL, R., & SCERIF, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability : inhibition, switching, and working memory. Developmental Neuropsychology, 19 (3), 273-293.

BUNGE, S. A., OCHSNER, K. N., DESMOND, J. E., GLOVER, G. H., & GABRIELI, J. D. E. (2001). Prefrontal regions involved in keeping information in and out of mind. Brain, 124, 2074-2086.

BURGESS, P. W., & SHALLICE, T. (1996a). Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. Neuropsychologia, 34 (4), 263-273.

BURGESS, P. W., & SHALLICE, T. (1996b). Bizarre responses, rule detection and frontal lobe lesions. Cortex, 32, 241-259.

BUSH, G., LUU, P., & POSNER, M. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. Trends in Cognitive Sciences, 4, 215-222.

CALAME, A., ARRAZOLA, L., DUCRET, S., & JAUNIN, L. (1985). Enfants de très petits poids de naissance (PN < 1500 g) : troubles du langage en âge scolaire. Revue Médicale Suisse Romande, 105, 389-395.

CAMPBELL, S. B., EWING, L. J., BREAUX, A. M., & SZUMOWSKI, E. K. (1986). Parent-referred problem three-year-olds : follow-up at school entry. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 27, 473-488.

CAMUS, J.-F. (1996). La psychologie cognitive de l'attention. Paris : Armand Colin.

CAPPER, A. (1928). The fate and development of the immature and of the premature child. American Journal of Disease in Childhood, 35, 443-491.

CARBAJAL, R., LENCLEN, R., PAUPE, A., BLANC, P., HOENN, E., & COUDERC, S. (2001). Le jargon de la réanimation néonatale. Archives de Pédiatrie, 8, 92-100.

CARPENTER, P. A., JUST, M. A., & SHELL, P. (1990). What one intelligence test measures : A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. Psychological Review, 97, 404-431.

CARTER, B. D., ZELKO, F. A., OAS, P. T., & WALTONEN, S. (1990). A comparison of ADD/H children and clinical controls on the Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC). Journal of Psychoeducational Assessment, 8 (2), 155-164.

CATLIN, E. A., POWELL, S. M., MANGANARO, T. F., HUDSON, P. L., RAGIN, R. C., EPSTEIN, J., & DONAHOE, P. K. (1990). Sex-specific fetal lung development and Muellerian inhibiting substance. American Review of Respiratory Diseases, 141, 466-470.

CHAPIESKI, M. L., & EVANKOVICH, K. D. (1997). Behavioral effects of prematurity. Seminars in Perinatalogy, 21 (3), 221-239.

CHELUNE, G. J., & BAER, R. A. (1986). Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 8, 219-228.

CHEVALIER, N. (1997). L'examen neuropsychologique : principes généraux. A.N.A.E., 43, 130-131.

CHOW, D., & SKUY, M. (1999). Simultaneous and successive cognitive processing in children with nonverbal learning disabilities. School Psychology International, 20 (2), 219-231.

CHRISTENSEN, A. –L. (1974). Luria's neuropsychological investigation. Text, manual, and material. Copenhagen : Munkgaard.

CLARK, J. M. (1996). Contributions of inhibitory mechanisms to unified theory in neuroscience and psychology. Brain and Cognition, 30, 127-152.

COHEN, S. E., PARMELEE, A. H., BECKWITH, L., & SIGMAN, M. (1986). Cognitive development in preterm infants: birth to 8 years. Developmental and Behavioral Pediatrics, 7 (2), 102-110.

COHEN, S. E., PARMELEE, A. H., SIGMAN, M., & BECKWITH, L. (1988). Antecedents of school problems in children born preterm. Journal of Pediatric Psychology, 13, 493-508.

COLLETTE, F., & VAN DER LINDEN, M. (2001). Processus attentionnels et maladie d'Alzheimer. In J. COUILLET, M. LECLERCQ, C. MORONI & P. AZOUVI (Eds). La neuropsychologie de l'attention. Marseille : Solal (pp.157-173).

COLLOMP, R. (1998). La scolarisation des enfants cérébrolésés : quelques repères sur son évolution. A.N.A.E., 49-50, 122-126.

COMALLI, P. E., WAPNER, S., & WERNER, H. (1962). Interference effects of Stroop Color-word test in childhood, adulthood, and aging. Journal of Genetic Psychology, 100, 47-53.

CONNELLY, S. L., & HASHER, L. (1993). Age and inhibition in spatial location. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 19, 1238-1250.

CONWAY, A. R., TUHOLSKI, S. W., SHISLER, R. J., & ENGLE, R. W. (1999). The effect of memory load on negative priming : an individual differences investigation. Memory and Cognition, 27, 1042-1050.

COOKE, R. W. I. (1987). Early and late ultrasonographic appearances and outcome in very low birthweight infants. Archives of Disease in Childhood, 62, 931-937.

COOKE, R. W. I., & ABERNETHY, L. J. (1999). Cranial magnetic resonance imaging and school performance in very-low-birthweight infants in adolescence. Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition, 81, F116-121.

COOKE, R. W. I., & FOULDER-HUGHES, L. (2003). Growth impairment in the very preterm and cognitive and motor performance at 7 years. Archives of Disease in Childhood, 88, 482-487.

COQUEL, S., & MELLIER, D. (2000). Développement et troubles de l'attention. Revue de Neuropsychologie, 10 (3), 441-457.

CORRAZE, J. (1999). Les troubles psychomoteurs. Marseille : Solal.

COSMIDES, L., & TOOBY, J. (1987). From evolution to behavior : evolutionary psychology as the missing link. In J. DUPRE (Ed.). The Lastest on the Best Essays on Evolution and Optimality. Cambridge, MA : MIT Press (pp. 277-306).

COSTELLO, A. M., HAMILTON, P. A., BAUDIN, J., TOWNSEND, J., BRADFORD, B. C., STEWART, A. L., & REYNOLDS, E. O. (1988). Prediction of neurodevelopmental impairment at four years fom brain ultrasound appearance of very preterm infants. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 711-722.

COULON, N. (2002). Le rôle de l'inhibition dans la résistance à la distraction : exemple de l'effet Stroop. In C. BOUJON (Ed.). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition. Fonctionnements normal et pathologique. Marseille : Solal (pp.105-129).

CRAIG, E. D., THOMPSON, J. M. D., & MITCHELL, E. A. (2002). Socioeconomic status and preterm birth: New Zealand trends, 1980 to 1999. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 86, 142-146.

CRAIK, F. I. M., & BYRD, M. (1982). Aging and cognitive deficits : The role of attentional resources. In F. I. M. CRAIK, & S. TREHUB (Eds). Aging and cognitive processes. New York : Plenum Press (pp. 191-211).

CRNIC, K. A., RAGOZIN, A. S., GREENBERG, M. T., ROBINSON, N. M., & BASHAM, R. B. (1983). Social interaction and development competence of preterm and full-term infants during the first year of life. Child Development, 54, 1199-1210.

CROWE, T., DEITZ, J., BENNETT, F., & TEKOLSTE, K. (1988). Preschool motor skills of children born prematurely and not diagnosed as having cerebral palsy. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 9, 189-193.

CULLER, A. J. (1912). Interference and adaptability. Archives of Psychology, 3 (24), 1-80.

CURTIS, W. J., LINDEKE, L. L., GEORGIEFF, M. K., & NELSON, C. A. (2002). Neurobehavioural functioning in neonatal intensive care unit graduiates in late childhood and early adolescence. Brain, 125 (7), 1646-1659.

CUTTINI, M., KAMINSKI, M., GAREL, M., LENOIR, S., & SARACCI, R. (2000). End-of-life decisions in neonatal intensive care. Lancet, 356, 2190-2191.

DAGENBACH, D., & CARR, T. H. (1994). Inhibitory processes in attention, memory and language. New York : Academic Press.

DALLA PIAZZA, S. (1997). L'enfant prématuré. Le point sur la question. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.

DAMMANN, O., WALTHER, H., ALLERS, B., SCHRODER, M., DRESCHER, J., LUTZ, D., VEELKEN, N., & SCHULTE, F. J. (1996). Development of a regional cohort of very-low-birthweight children at six years:

cognitive abilities are associated with neurological disability and social background. Developmental Medicine and Child Neurology, 38, 97-108.

D'ANGIO, C. T., SINKIN, R. A., STEVENS, T. P., LANDFISH, N. K., MERZBACH, J. L., RYAN, R. M., PHELPS, D. L., PALUMBO, D. R., & MYERS, G. J. (2002). Longitudinal, 15-year follow-up of children born at less than 29 weeks' gestation after introduction of surfactant therapy into a region : neurologic, cognitive, and educational outcomes. Pediatrics, 110 (6), 1094-1102.

DAS, J. P., KIRBY, J. R., & JARMAN, R. F. (1975). Simultaneous and successive syntheses: an alternative model for cognitive abilities. Psychological Bulletin, 82, 87-103.

DAVIS, H. P., COHEN, A., GANDY, M., COLOMBO, P., VAN DUSSELDORP, G., SIMOLKE, N., & ROMANO, J. (1990). Lexical priming deficits as a function of age. Behavior Neuroscience, 104, 288-297.

DEFORGE, H., & TONIOLO, A. –M. (2004). Un outil précieux pour l'évaluation du fonctionnement cognitif des enfants anciens prématurés : le K-ABC. A.N.A.E., 76-77, 153-161.

DEHAN, M., EVRARD, P., FERRE, F., KAMINSKI, M., DE MOUZON, J., NISAND, I., POURCELOT, L., & SUREAU, C. (1997). Grande prématurité : dépistage et prévention du risque. Paris : INSERM.

DEHAN, M., EVRARD, P., FESSARD, C., & GABILAN, J.-C. (1998). Séquelles neurologiques de la grande prématurité: un espoir de prévention? Archives de Pédiatrie, 5, 480-483.

DELAMILLIEURE, P., MELLET, E., BRAZO, P., & DOLLFUS, S. (2003). Processus d'inhibition et schizophrénies. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.187-205).

DELEAU, M., & WEIL-BARAIS, A. (1994). Le comparatif aujourd'hui, pourquoi ? In M. DELEAU & A. WEIL-BARAIS (Eds). Le développement de l'enfant. Approches comparatives. Paris : PUF (pp.9-26).

DEMANGE, V. (2001). Les grands prématurés en Lorraine. La cohorte Epipage. Thèse de Médecine spécialisée. Université Henri Poincaré, Nancy 1. Non publiée.

DEMPSTER, F. N. (1991). Inhibitory processes : a neglected dimension of intelligence. Intelligence, 15, 157-173.

DEMPSTER, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism : toward a unified theory of cognitive development and aging. Developmental Review, 12, 45-75.

DEMPSTER, F. N. (1993). Resistance to interference : Developmental changes in a basic processing mechanism. In M. L. HOWE, & R. PASNAK (Eds). Emerging themes in cognitive development : Volume 1. Foundations. New York : Springer-Verlag (pp. 3-27).

DEMPSTER, F. N. (1995). Interference and inhibition in cognition : an historical perspective. In F.N. DEMPSTER, & C.J. BRAINERD (Eds). Interference and inhibition in cognition. New York : Academic Press (pp.3-26).

DEMPSTER, F. N., & BRAINERD, C. J. (1995). Interference and inhibition in cognition. New York : Academic Press.

DEMPSTER, F. N., & CORKILL, A. J. (1999). Interference and inhibition in cognition and behavior : Unifying themes for educational psychology. Educational Psychology Review, 11, 1-88.

DENNIS, M., & BARNES, M. A. (1994). Neuropsychologic function in same-sex twins discordant for perinatal brain damage. Developmental and Behavioral Pediatrics, 15 (2), 124-130.

DEN OUDEN, L., HILLE, E., & VERLOOVE-VANHORICK, P. (1993). School performance in very preterm children. Lancet, 342, 550-551.

DIAMOND, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action as indicated by infants' performance on AB. Child Development, 5, 868-883.

DIAMOND, A. (1991). Neuropsychological insights into the meaning of object concept development. In S. CAREY, & R. GELMAN (Eds). The epigenesis of mind : Essays on biology and cognition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (pp. 67-110).

DICKES, P. (1996). L'analyse factorielle linéaire et ses deux logiques d'application. Psychologie Française, 41 (1), 9-22.

DICKES, P., TOURNOIS, J., FLIELLER, A., & KOP, J. -L. (1999). La psychométrie. Paris : PUF.

DITTRICHOVA, J., BRICHACEK, V., MANDYS, F., PAUL, K., SOBOTKOVA, D., TAUTERMANNOVA, M., VONDRACEK, J., & ZEZULAKOVA, J. (1996). The relationship of early behaviour to later developmental outcome for preterm children. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 517-532.

DOLAN, R. J., & FLETCHER, P. C. (1997). Dissociating prefrontal and hippocampal function in episodic memory encoding. Nature, 388, 582-585.

DOWNIE, A. L. S., FRISK, V., & JAKOBSON, L. S. (2000). The impact of periventricular brain injury on reading and spelling abilities in the late elementary and adolescent years. Paper presented at the Development 2000 meeting, Waterloo, ON.

DOWNIE, A. L. S., JAKOBSON, L. S., FRISK, V., & USHYCKY, I. (2002). Auditory temporal processing deficits in children with periventricular brain injury. Brain and Language, 80, 208-225.

DOYLE, L. W., & CASALAZ, D. (2001). Outcome at 14 years of extremely low birthweight infants: a regional study. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 85, 159-164.

DOYLE, L. W., KEIR, E., KITCHEN, W. H., FORD, G. W., RICKARDS, A. L., & KELLY, E. A. (1992). Audiologic assessment of extremely low birth weight infants : A preliminary report. Pediatrics, 90, 744-749.

DUPIN, R., LAURENT, J.-P., STAUDER, J. E. A., & SALIBA, E. (2000). Auditory attention processing in 5-year-old children born preterm : evidence from event-related potentials. Developmental Medicine and Child Neurology, 42, 476-480.

EILERS, B. L., DESAI, N. S., WILSON, M. A., & CUNNINGHAM, M. D. (1986). Classroom performance and social factors of children with birth weights of 1,250 grams or less : follow-up at 5 to 8 years of age. Pediatrics, 77, 203-208.

ELLIS, N. R., & DUNALEY, C. L. (1991). Further evidence for cognitive inertia in persons with mental retardation. American Journal of Mental Retardation, 95, 613-621.

ENGLE, R. W., CONWAY, A. R. A., TUHOLSKI, S. W., & SHISLER, R. J. (1995). A resource account of inhibition. Psychological Sciences, 6, 122-125.

ENTWISTLE, P. C., KALINSKY, R., & ERBAUGH, C. (1997). Sequential Processing in Young Children. Archives of Clinical Neuropsychology, 12 (4), 314-315.

ERICSON, A., & KALLEN, B. (1998). Very low birthweight boys at the age of 19. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 78, 171-174.

ESCALONA, S. K. (1982). Babies at double hazard : early development of infants at biologic and social risk. Pediatrics, 70, 670-676.

ESCOBAR, G. J., LITTENBERG, B., & PETITTI, D. B. (1991). Outcome among surviving very low birthweight infants: a meta-analysis. Archives of Disease in Childhood, 66, 204-211.

EUSTACHE, F., & FAURE, S. (1996). Manuel de neuropsychologie. Paris : Dunod.

EVANS, L. D. (1990). A conceptual overview of the regression discrepancy model for evaluating severe discrepancy between IQ and achievement scores. Journal of Learning Disabilities, 23, 406-412.

EVANS, J. (1998). Matching bias in conditional reasoning. Thinking & Reasoning, 4, 45-82.

EVANS, J. ST. B. T., & PERRY, T. S. (1995). Belief bias in children's reasoning. Current Psychology of Cognition, 14, 103-115.

EVERETT, J., & LAJEUNESSE, C. (2000). L'inhibition cognitive et la psychopathologie : vers une conceptualisation moins simpliste. L'Encéphale, XXVI, 13-20.

FAWER, C. L., BESNIER, S., FORCADA, M., BUCLIN, T., & CALAME, A. (1995). Influence of perinatal, developmental, and environmental factors on cognitive abilities of preterm children without major impairments at 5 years. Early Human Development, 43, 151-164.

FIELD, T.M., DEMPSEY, R., & SHUMAN, H. (1983). Five-year follow-up of preterm respiratory distress syndrome and post-term postmaturity syndrome infants. In T.M. FIELD & A. SOSTEK (Eds). Infants born at risk. New York : Grune & Stratton (pp. 317-335).

FLANAGAN, R. (1995). The utility of the Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC) and the Wechsler Intelligence Scales for linguistically different children : clinical considerations. Psychology in the Schools, 32 (1), 5-11.

FOIX-L'HELIAS, L., ANCEL, P.-Y., & BLONDEL, B. (2000). Facteurs de risque de prématurité en France et comparaisons entre prématurité spontanée et prématurité induite : résultats de l'enquête nationale périnatale de 1995. Journal de Gynécologie, Obstétrique et Biologie de la Reproduction, 29 (1), 55-65.

FOREMAN, N. (1991). Correlates of performance on the Gollin and Mooney tests of visual closure. Journal of General Psychology, 118, 13-20.

FOREMAN, N., FIELDER, A., MINSHELL, C., & SERGIENKO, E. (1997). Visual search, perception, and visual-motor skill in "healthy" children born at 27-32 weeks'gestation. Journal of Experimental Child Psychology, 64, 27-41.

FORREST, G. C. (1993). Preterm labour and delivery: psychological sequelae. Baillière's Clinical Obstetrics and Gynaecology, 7 (3), 653-668.

FOX, E. (1995). Negative priming from ignored distractors in visual selection : A review. Psychonomic Bulletin & Review, 2, 145-173.

FRANCIS-WILLIAMS, J., & DAVIES, P. A. (1974). Very low birthweight and later intelligence. Developmental Medicine and Child Neurology, 16, 709-728.

FRANCOIS, A., BATTISTI, O., BERTRAND, J. –M., KALENGA, P., & LANGHENDRIES, J. –P. (1998). Bébé prématuré, bébé particulier ? Quel suivi développemental ? Archives de Pédiatrie, 5, 568-572.

FRAY, P. J., ROBBINS, T. W., & SAHAKIAN, B. J. (1996). Neuropsychiatric applications of CANTAB. International Journal of Geriatric Psychiatry, 11, 329-336.

FRISK, V. & WHYTE, H. (1994). The long-term consequences of periventricular brain damage on language and verbal memory. Developmental Neuropsychology, 10, 313-333.

FUKISHIMA, J., FUKISHIMA, K., MIYASAKA, K., & YAMASHITA, I. (1994). Voluntary control of saccadic eye movement in patients with frontal cortical lesions and parkinsonian patients in comparaison with that in schizophrenics. Biological Psychiaty, 36, 21-30.

GAILLARD, E. A., COOKE, R. W. I., & SHAW, N. J. (2001). Improved survival and neurodevelopmental outcome after prolonged ventilation in preterm neonates who have received antenatal steroids and surfactant. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 84, 194-196.

GATHERCOLE, S. E., & BROADBENT, D. E. (1987). Spatial factors in visual attention : some compensatory effects of location and time of arrival of non-targets. Perception, 16, 433-443.

GERNSBACHER, M., & FAUST, M. (1991). The mechanism of suppression : component of general comprehension skill. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 17 (2), 245-262.

GESCHWIND, N., & GALABURDA, A. M. (1985). Cerebral lateralization : Biological mechanisms, association, and pathology: I. A hypothesis and a program of research. Archives of Neurology, 42, 428-459.

GEURTS, H. M., VERTE, S., OOSTERLAAN, J., ROEYERS, H., & SERGEANT, J. A. (2004). How specific are executive functioning deficits in attention deficit hyperactivity disorder and autism ? Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45 (4), 836-854.

GIERSKI, F., & ERGIS, A.-M. (2004). Les fluences verbales : aspects théoriques et nouvelles approches. L'année Psychologique, 104, 331-360.

GIOIA, G., ISQUITH, P., GUY, S., & KENWORTHY, L. (2000). BRIEF - Behavior Rating Inventory of Executive Function. Professional Manual. Odessa, FL : Psychological Assessment Ressources.

GIROUARD, P. C., BAILLARGEON, R. H., TREMBLAY, R. E., GLORIEUX, J., LEFEBVRE, F., & ROBAEY, P. (1998). Developmental pathways leading to externalizing behaviors in 5 year olds born before 29 weeks of gestation. Developmental and Behavioral Pediatrics, 19 (4), 244-253.

GLOZMAN, J. M. (1999). Quantitative and qualitative integration of Lurian procedures. Neuropsychology Review, 9 (1), 23-32.

GOEL, V., & GRAFMAN, J. (1995). Are the frontal lobes implicated in "planning" functions ? Interpreting data from the Tower of Hanoï. Neuropsychologia, 33, 623-642.

GOLDSON, E. (1996). Prematurity: Discussion. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 465-475.

GOMOT, M., BLANC, R., BARTHELEMY, C., ISINGRINI, M., & ADRIEN, J.-L. (2000). Psychopathologie des processus cognitifs et attentionnels chez des enfants présentant des troubles du développement. A.N.A.E., 56, 7-12.

GONZALEZ, S., RITZ, A., CHEVALIER, L., & AYZAC, L. (1996). Attention et mode de traitement cognitif chez l'enfant présentant une hémiplégie cérébrale congénitale. In D. MELLIER, & A. VOM HOFE (Eds). Attention et contrôle cognitif. Mécanismes, développement des habiletés, pathologies. Publications de l'Université de Rouen, n° 228 (pp. 131-145).

GOODMAN, J., & FIELD, M. (1991). Assessing attentional problems in preschoolers with the Goodman lock box. In C. SCHAEFER, K. GITLIN, & A. SANDGRUND (Eds). Play diagnosis and assessment. New York : John Wiley & Sons, Wiley Series on Personality Processes.

GORMAN, K. S., & POLLITT, E. (1992). Relationship between weight and body proportionality at birth, growth during the first year of life and cognitive development at 36, 48, and 60 months. Infant Behavior and Development, 15, 270-296.

GRAY, P. H., TUDEHOPE, D. I., MASEL, J. P., BURNS, Y. R., MOHAY, H. A., O'CALLAGHAN, M. J., & WILLIAMS, G. M. (1993). Perinatal hypoxic-ischaemic brain injury : prediction of outcome. Developmental Medicine and Child Neurology, 35, 965-973.

GREENE, M. F. (2002). Outcome of very low birth weight in young adults. The New England Journal of Medicine, 346 (3), 146-148.

GREGOIRE, J., & VAN DER LINDEN, M. (1997). The effect of age on forward and backward digit spans. Aging, Neuropsychology, and Cognition, 4, 140-149.

GRUNAU, R. E., WHITFIELD, M. F., & DAVIS, C. (2002). Pattern of learning disabilities in children with extremely low birth weight and broadly average intelligence. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 156, 615-620.

GUEDON, D., & VOM HOFE, A. (2001). Approche structurale des variables du *Matching Familiar Figures Test* chez l'efant. In A. FLIELLER, C. BOCEREAN, J. L. KOP, E. THIEBAULT, A. M. TONIOLO, & J. TOURNOIS (Eds). Questions de psychologie différentielle. Rennes : PUR (pp. 357-362).

GUILLOT, C. (2000). Evaluation de l'enfant dyspraxique ancien prématuré. A.N.A.E., 59-60, 152-157.

GUTBROD, T., WOLKE, D., SOEHNE, B., OHRT, B., & RIEGEL, K. (2000). Effects of gestation and birth weight on the growth and development of very low birthweight small for gestational age infants: a matched group comparison. Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition, 82, 208-214.

GUZZETTA, F., SHACKELFORD, G. D., VOLPE, S., PERLMAN, J. M., & VOLPE, J. J. (1986). Periventricular intraparenchymal echodensities in the premature newborn : critical determinant of neurologic outcome. Pediatrics, 78, 995-1006.

HAALAND, K. Y., VRANES, L. F., GOODWIN, J. S., & GARRY, P. J. (1987). Wisconsin Card Sort Test performance in a healthy elderly population. Journal of Gerontology, 42, 345-346.

HAAS, G., BUCHWALD-SAAL, M., LEIDIG, E., & MENTZEL, H. (1986a). Improved outcome in very low birth weight infants from 1977 to 1983. European Journal of Pediatrics, 145, 337-340.

HAAS, G., ASPRION, B., LEIDIG, E., BUCHWALD-SAAL, M., & MENTZEL, H. (1986b). Obstetrical and neonatal risk factors in very low birth weight infants related to their neurological development. European Journal of Pediatrics, 145, 341-346.

HACK, M., & BRESLAU, N. (1986). Very low birth weight infants : effects of brain growth during infancy on intelligence quotient at 3 years of age. Pediatrics, 77 (2), 196-202.

HACK, M., BRESLAU, N., ARAM, D., WEISSMAN, B., KLEIN, N., & BORAWSKI-CLARK, E. (1992). The effect of very low birth weight and social risk on neurocognitive abilities at school age. Developmental and Behavioral Pediatrics, 13 (6), 412-420.

HACK, M., & FANAROFF, A. A. (1999). Outcomes of children of extremely low birthweight and gestational age in the 1990s. Early Human Development, 53, 193-218.

HACK, M., FLANNERY, D. J., SCHLUCHTER, M., CARTAL, L., BORAWSKI, E., & KLEIN, N. (2002). Outcomes in young adulthood for very-low-birh-weight infants. New England Journal of Medicine, 346, 149-157.

HACK, M., FRIEDMAN, H., & FANAROFF, A. A. (1996). Outcomes of Extremely Low Birth Weight Infants. Pediatrics, 98 (5), 931-937.

HACK, M., KLEIN, N. K., & TAYLOR, H. G. (1995). Long-term developmental outcomes of low birth weight infants. Future Child, 5, 176-196.

HACK, M., TAYLOR, H. G., KLEIN, N., EIBEN, R., SCHATSCHNEIDER, C., & MERCURI-MINICH, N. (1994). School-age outcomes in children with birth weights under 750g. New England Journal of Medicine, 331, 753-759.

HACK, M., WILSON-COSTELLO, D., FRIEDMAN, H., TAYLOR, G. H., SCHLUCHTER, M., FANAROFF, A. A. (2000). Neurodevelopment and predictors of outcomes of children with birth weights of less than 1000 g. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 154, 725-731.

HALL, A., MacLEOD, A., COUNSELL, C., THOMSON, L., & MUTCH, L. (1995). School attainment, cognitive ability, and motor function in a total Scottish very-low-birthweight population at eight years : A controlled study. Developmental Medicine and Child Neurology, 37, 1037-1050.

HALSEY, C. L., COLLIN, M. F., & ANDERSON, C. L. (1993). Extremely low birth weight children and their peers: A comparison of preschool performance. Pediatrics, 91, 807-811.

HALSEY, C. L., COLLIN, M. F., & ANDERSON, C. L. (1996). Extremely low-birth-weight children and their peers: A comparison of school-age outcomes. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 150, 790-794.

HAMLIN, A. J. (1896). Attention and Distraction. The American Journal of Psychology.

HAN, T. R., BANG, M. S., LIM, J. Y., YOON, B. H., & KIM, I. O. (2002). Risk factors of cerebral palsy in preterm infants. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 81, 297-303.

HARNADEK, C. S., & ROURKE, B. P. (1994). Principal identifying features of the syndrome of nonverbal learning disabilities in children. Journal of Learning Disabilities, 27, 144-154.

HARNISHFEGER, K. K. (1995). The developement of cognitive inhibition : Theories, definitions, and research evidence. In F. N. DEMPSTER, & C. J. BRAINERD (Eds). Interference and inhibition in cognition. New York : Academic Press (175-204).

HARNISHFEGER, K., & BJORKLUND, D. F. (1993). The ontogeny of inhibition mechanisms : A renewed approach to cognitive development. In M. L. HOWE, & R. PASNAK (Eds). Emerging themes in cognitive development : Vol.1, Foundations. New York : Springer-Verlag (pp.28-49).

HARTLEY, J. T. (1993). Aging and prose memory : Tests of the resource-deficit hypothesis. Psychology and Aging, 8, 538-551.

HARTMAN, M., & HASHER, L. (1991). Aging and suppression : Memory for previously relevant information. Psychology and Aging, 6, 587-594.

HARVEY, J. M., O'CALLAGHAN, M. J., & MOHAY, H. (1999). Executive function of children with extremely low birthweight : a case control study. Developmental Medicine and Child Neurology, 41, 292-297.

HASHER, L., CHUNG, C., MAY, C. P., & FOONG, N. (2002). Age, time of testing, and proactive interference. Canadian Journal of Experimental Psychology, 56 (3), 200-207.

HASHER, L., QUIG, M. B., & MAY, C. P. (1997). Inhibitory control over no-longer-relevant information : Adult age differnces. Memory and Cognition, 25, 286-295.

HASHER, L., & ZACKS, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. Journal of Experimental Psychology : General, 108, 356-388.

HASHER, L., & ZACKS, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging : A review and a new view. In G. H. BOWER (Ed.). The psychology of learning and motivation : Advances in research and theory. San Diego : Academic Press (Vol. 22, pp. 193-224).

HASHER, L., ZACKS, R. T., & MAY, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal and age. In D. GOPHER, & A. KORIAT (Eds). Attention and Performance. Cambridge, MA : MIT Press (vol. XVII, pp. 653-675).

HAVERKAMP, F., HANISCH, C., MAYER, H., & NOEKER, M. (2001). Evidence of a specific vulnerability for deficient sequential cognitive information processing in epilepsy. Journal of Child Neurology, 16 (12), 910-905.

HAWDON, J. M., HEY, E., KOLVIN, T., & FUNDUDIS, T. (1990). Born too small. Is outcome still affected ? Developmental Medicine and Child Neurology, 32, 943-953.

HEDDEN, T., & PARK, D. (2001). Aging and interference in verbal working memory. Psychology and Aging, 16, 666-681.

HEDEGAARD, M., HENRIKSEN, T. B., SABROE, S., & SECHER, N. J. (1993). Psychological distress in pregnancy and preterm delivery. British Medical Journal, 307, 234-239.

HENDERSON, S.E., & SUGDEN, D. A. (1992). Movement Assessment Battery for Children. London : The Psychological Corporation.

HENRIKSEN, T. B., HEDEGAARD, M., SECHER, N. J., & WILCOX, A. J. (1995). Standing at work and preterm delivery. British Journal of Obstetrics and Gynaecology, 102, 198-206.

HILLE, E. T., DEN OUDEN, A. L., BAUER, L., VAN DEN OUDENRIJN, C., BRAND, R., & VERLOOVE-BANHORICK, S. P. (1994). School performance at nine years of age in very premature and very low birth weight infants: Perinatal risk factors and predictors at five years of age. Journal of Pediatrics, 125, 426-434.

HILLE, E. T. M., DEN OUDEN, A. L., & SAIGAL, S. (2001). Behavioural problems in children who weight 1000 G or less at birth in four countries. Lancet, 357, 1641-1643.

HILLSTROM, A. P., & LOGAN, G. D. (1997). Process dissociation, cognitive architecture, and response time : Comments on Lindsay and Jacoby (1994). Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 23, 1561-1578.

HOEKSTRA, R. E., FERRARA, T. B., COUSER, R. J., PAYNE, N. R., & CONNETT, J. E. (2004). Survival and long term neurodevelopmental outcome of extremely premature infants born at 23-26 weeks' gestational age at a tertiary center. Pediatrics, 113 (1), 1-6.

HOLYOAK, K. J., & THAGARD, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. Cognitive Science, 13, 295-355.

HORN, J. L., & CATTELL, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and cristallized intelligence. Journal of Educational Psychology, 57, 253-270.

HORWOOD, L. J., MOGRIDGE, N., & DARLOW, B. A. (1998). Cognitive, educational, and behavioural outcomes at 7 to 8 years in a national very low birthweight cohort. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 79, 12-20.

HOUDE, O. (1995). Rationalité, développement et inhibition : un nouveau cadre d'analyse. Paris : PUF.

HOUDE, O. (1997). Développement cognitif et inhibition. De l'erreur A-non-B aux biais de raisonnement. Psychologie Française, 42 (1), 23-29.

HOUDE, O. (1998). Inhibition et genèse de la cognition. Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 48 (1), 7-10.

HOUDE, O. (2000). Inhibition and cognitive development : object, number, categorization, and reasoning. Cognitive Development, 15, 63-73.

HOUDE, O. (2003). Inhibition cognitive et imagerie cérébrale. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.61-73).

HOUDE, O., & JOYES, C. (1995). Développement logico-mathématique, cortex préfrontal et inhibition : L'exemple de la catégorisation. Revue de Neuropsychologie, 5, 281-307.

HOUDE, O., MAZOYER, B., & TZOURIO-MAZOYER, N. (2002). Cerveau et psychologie : Introduction à l'imagerie cérébrale anatomique et fonctionnelle. Paris : PUF.

HOUDE, O., & MELJAC, C. (2000). L'esprit piagétien. Hommage international à Jean Piaget. Paris : PUF.

HOUDE, O., & MOUTIER, S. (1996). Deductive reasoning and experimental inhibition training : the case of the matching bias. Cahiers de Psychologie Cognitive, 15, 409-434.

HOUDE, O., & MOUTIER, S. (1999). Deductive reasoning and experimental inhibition training : the case of the matching bias. New data and reply to Girotto. Cahiers de Psychologie Cognitive, 18 (1), 75-85.

HOUDE, O., ZAGO, L., MELLET, E., MOUTIER, S., PINEAU, A., MAZOYER, B., & TZOURIO-MAZOYER, N. (2000). Shifting from the perceptual brain to the logical brain : the neural impact of cognitive inhibition training. Journal of Cognitive Neuroscience, 12 (5), 721-728.

HOUGHTON, G., & TIPPER, S. P. (1994). A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In D. DAGENBACH, & T. H. CARR (Eds). Inhibitory processes in attention, memory, and language. San Diego, CA : Academic Press (pp. 53-112).

HOWELL, D. C. (2003). Méthodes statistiques en sciences humaines. Bruxelles : De Boeck.

HOY, E. A., BILL, J. M., & SYKES, D. H. (1988). Very low birthweight : a long term developmental impairment ? International Journal of Behavioral Development, 11, 37-67.

HU, L. –T., & BENTLER, P. M. (1998). Fit indices in covariance structure modeling : Sensitivity to underparameterized model misspecification. Psychological Methods, 3, 424-453.

HUDDY, C. L. J., JOHNSON, A., & HOPE, P. L. (2001). Educational and behavioural problems in babies of 32-35 weeks gestation. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 85, 23-28.

HUGHES, C. A., O'GORMAN, L. A., SHYR, Y., SCHORK, M. E. A., & McCORMICK, M. C. (1999). Cognitive performance at school age of very low birth weight infants with bronchopulmonary dysplasia. Developmental and Behavioral Pediatrics, 20 (1), 1-8.

HUNT, J. V., COOPER, B. A. B., & TOOLEY, W. H. (1988). Very Low Birth Weight Infants at 8 and 11 Years of Age: Role of Neonatal Illness and Family Status. Pediatrics, 82 (4), 596-603.

HUNTER, W. S. (1922). Habit interference in the white rat and in the human subject. Journal of Comportemental Psychology, 2, 29-59.

HUTTON, J. L., PHAROAH, P. O. D., COOKE, R. W. I., & STEVENSON, C. (1997). Differential effects of preterm birth and small gestational age on cognitive and motor development. Archives of Disease in Chilhood, 76, 75-81.

ISAACS, E. B., LUCAS, A., CHONG, W. K., WOOD, S. J., JOHNSON, C. L., MARSHALL, C., VARGHA-KADEM, F., & GADIAN, D. G. (2000). Hippocampal volume and everyday memory in children of very low birthweight. Pediatric Research, 47, 713-720.

JAMES, W. (1890). The Principles of Psychology. New York : Holt.

JANVIER, B., & TESTU, F. (2005). Développement des fluctuations journalières de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans. Enfance, 2, 155-170.

JENNISCHE, M., & SEDIN, G. (1998). Speech and language skills in children who required neonatal intensive care. I. Spontaneous speech at 6.5 years of age. Acta Paediatrica, 87, 654-666.

JENNISCHE, M., & SEDIN, G. (1999). Speech and language skills in children who required neonatal intensive care. II. Linguistic skills at 6 ½ years of age. Acta Paediatrica, 88, 371-383.

JENNISCHE, M., & SEDIN, G. (2001). Spontaneous speech at 6 ½ years of age in children who required neonatal intensive care in 1986-1989 », Acta Paediatrica, 90, 22-33.

JENSEN, A. R. (1965). Scoring the Stroop test. Acta Psychologica, 24, 398-408.

JONGMANS, M., MERCURI, E., DE VRIES, L., DUBOWITZ, L., & HENDERSON, S. E. (1997). Minor neurological signs and perceptual-motor difficulties in prematurely born children. Archives of Disease in Childhood, 76, 9-14.

JONGMANS, M., MERCURI, E., HENDERSON, S., DE VRIES, L., SONKSEN, P., & DUBOWITZ, L. (1996). Visual function of prematurely born children with and without perceptual-motor difficulties. Early Human Development, 45, 73-82.

JONIDES, J., SMITH, E. E., MARSHUETZ, C., KOEPPE, R. A., & REUTER-LORENZ, P. (1998). Inhibition in verbal working memory revealed by brain activation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 95 (14), 8410-8413.

JÖRESKOG, K. G., & SÖRBOM, D. (1985). LISREL VI. Analysis of linear structural relationships by maximum likelihood, instrumental variables and least squares methods, 2nd printing. Uppsala : University of Uppsala.

JÖRESKOG, K. G., & SÖRBOM, D. (1998). LISREL 8. User's reference guide. Chicago : Scientific Software International.

JUHEL, J. (2003). Vieillissement normal et inhibition cognitive. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.125-165).

JUHEL, J., & AUFFRAY, C. (1998). L'inhibition cognitive chez la personne âgée : une recherche de validation conceptuelle. Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 47 (4), 27-31.

JUHEL, J., SALICE, G., & AUFFRAY, C. (2000). Fonctionnement exécutif et inhibition cognitive : étude différentielle chez la personne âgée. In D. BROUILLET, & A. SYSSAU (Eds). Le vieillissement cognitif normal. Bruxelles : De Boeck (pp.103-120).

KALMAR, L. (1996). The course of intellectual development in preterm and fullterm children: an 8-year longitudinal study. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 491-515.

KAMINSKI, M., & BREART, G. La grande prématurité : jusqu'où aller ? Données épidémiologiques sur la grande prématurité.
http://www.cochin.univ-paris5.fr/recherche/U149/u149E4.htm.

KAMPHAUS, R. W., & REYNOLDS, C. R. (1984). Development and structure of the Kaufman Assessment Battery for Children. The Journal of Special Education, 18 (3), 213-227.

KANAZAWA, T., SHIMIZU, S., KAMADA, J., TANABE, H., & ITOIGAWA, N. (1997). Intelligence and learning disabilities in 6- to 8-year-old children weighing under 1000 grams at birth. International Journal of Behavioral Development, 20 (1), 179-188.

KANDEL, E., SCHWARTZ, J., & JESSELL, T. (2000). Principles of neural sciences. New York : McGraw-Hill/Appleton & Lange.

KANE, M. J., BLECKLEY, M. K., CONWAY, A. R. A., & ENGLE, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. Journal of Experimental Psychology: General. 130 (2), 169-183.

KANE, M. J., MAY, C. P., HASHER, L., RAHHAL, T., & STOLTZFUS, E. R. (1997). Dual mechanisms of negative priming. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 23, 632-650.

KANN, E., & COHEN, L. H. (1934). Organic driveness : a brainstem syndrome and an experience. New England Journal of Medicine, 210, 748-756.

KAPLAN, M. D., & MAYES, L. C. (1997). Introduction. Seminars in Perinatalogy, 21 (3), 161-163.

KARMILOFF-SMITH, A. (1992). Beyond Modularity. A Developmental Perspective on Cognitive Science. Cambridge : MIT Press.

KAUFMAN, A. S. (1984). K-ABC and controversy. The Journal of Special Education, 18 (3), 409-444.

KAUFMAN, A. S. (1994). A propos de la batterie Kaufman pour l'examen psychologique de l'enfant (K.ABC). Réponses à quelques questions. In A.S. KAUFMAN et coll. (Eds). K.ABC : pratique et fondements théoriques. Paris : La pensée sauvage (pp. 21-41).

KAUFMAN, A. S., & KAUFMAN, N. L. (1993a) K.ABC. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant. Manuel d'administration et de cotation. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie appliquée.

KAUFMAN, A. S., & KAUFMAN, N. L. (1993b) K.ABC. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant. Manuel d'interprétation. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie appliquée.

KEITH, C. G., & KITCHEN, W. H. (1983). Ocular morbidity in infants with low birth weight. British Journal of Ophtalmology, 67, 302-305.

KELLER, H., AYUB, B. V., SAIGAL, S., & BAR-OR, O. (1998). Neuromotor ability in 5- to 7-year old children with very low or extremely low birthweight. Developmental Medicine and Child Neurology, 40, 661-666.

KIMBERG, D. Y., & FARAH, J. (2001). Is there inhibitory module in the Prefrontal Cortex ? Working Memory and the mechanisms underlying cognitive control. In S. MONSELL, & J. DRIVER (Eds). Control and Cognitive Processes, Attention and performance. Cambridge, Massachusetts. Longers, Grand-Bretagne : MIT Press (Vol. XVIIIN, pp. 740-751).

KINGMA, A., HEIJ, W. L., FASOTTI, L., & ELING, P. (1996). Stroop interference and disorders of selective attention. Neuropsychologia, 34 (4), 273-281.

KINSBOURNE, M. (1978). Asymmetrical function of the brain. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

KIPP, K., POPE, S., & DIGBY, S. E. (1998). The development of cognitive inhibition in a reading comprehension task. European Review of Applied Psychology, 48 (1), 19-24.

KITCHEN, W. H., CAMPBELL, N., CARSE, E., CHARLTON, M., DOYLE, L., DREW, J., FORD, G., GORE, J., KELLY, E., McDOUGALL, P., RICKARDS, A., WATKINS, A., & YU, V. (1991). Eight-year outcome in infants with birth weight of 500 to 999 grams: Continuing regional study of 1979 and 1980 births. The Journal of Pediatrics, 118, 761-767.

KITCHEN, W. H., FORD, G. W., RICKARDS, A. L., LISSENDEN, J. V., & RYAN, M. M. (1987). Children of birth weight < 1000 g : Changing outcome between ages 2 and 5 years. The Journal of Pediatrics, 110 (2), 283-288.

KLEBANOV, P. K., BROOKS-GUNN, J., & McCORMICK, M. C. (1994). Classroom behavior of very low birth weight elementary school children. Pediatrics, 94, 700-708.

KLEIN, N. K. (1988). Children who where very low birthweight : cognitive abilities and classroom behavior at five years of age. The Journal of Special Education, 22 (1), 41-54.

KLEIN, N. K., HACK, M., GALLAGHER, J., & FANAROFF, A. (1985). Preschool performance of children with normal intelligence who were very low birth weight infants. Pediatrics, 75, 531-537.

KLEIN, N. K., HACK, M., & BRESLAU, N. (1989). Children who were very low birth weight : development and academic achievement at nine years of age. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 10, 32-37.

KLEIN, R. (1988). Inhibition tagging system facilitates visual search. Nature, 334, 430-431.

KLINE, L. W. (1921). An experimental study of associative inhibition. Journal of Experimental Psychology, 4, 270-299.

KNOCHES, A. M. L., & DOYLE, L. W. (1993). Long-term outcome of infants born preterm. Baillière's Clinical Obstetrics and Gynaecology, 7 (3), 633-651.

KOCHANSKA, G., MURRAY, K., & COY, K. C. (1997). Inhibitory control as a contributor to conscience in childhood : From toddler to early school age. Child Development, 68, 263-277.

KOK, A. (1999). Varieties of inhibition : Manifestations in cognition, event-related potentials and aging. Acta Psychologica, 101, 129-158.

KOK, J. H., DEN OUDEN, A. L., VERLOOVE-VANHORICK, S. P., & BRAND, R. (1998). Outcome of very preterm small for gestational age infants: the first nine years of life. British Journal of Obstetrics and Gynaecology, 105, 162-168.

KOLLER, H., LAWSON, K., ROSE, S. A., WALLACE, I., & McCARTON, C. (1997). Patterns of cognitive development in very low birth weight children during the first six years of life. Pediatrics, 99, 383-389.

KONISHI, S., HAYASHI, T., UCHIDA, I., KIKYO, H., TAKAHASHI, E., & MIYASHITA, Y. (2002). Hemispheric asymmetry in human lateral prefrontal cortex during cognitive set shifting. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99 (11), 7803-7808.

KONISHI, S., JIMURA, K., ASARI, T., & MIYASHITA, Y. (2003). Transient activation of superior prefrontal cortex during inhibition of cognitive set. The Journal of Neuroscience, 23 (21), 7776-7782.

KONISHI, S., NAKAJIMA, K., UCHIDA, I., KAMEYAMA, M., NAKAHARA, K., SEKIHARA, K., & MIYASHITA, Y. (1998). Transient activation of inferior prefrontal cortex during cognitive set shifting. Nature Neuroscience, 1, 80-84.

KOPP, C. B. (1990). Risks in infancy : Appraising the research. Merrill-Palmer Quarterly, 36, 117-140.

KORKMAN, M., LIIKANEN, A., & FELLMAN, V. (1996). Neuropsychological consequences of very low birth weight and asphyxia at term: follow-up until school-age. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 18 (2), 220-233.

KRAGELOH-MANN, I., TOFT, P., LUNDING, J., ANDRESEN, J., PRYDS, O., & LOU, H. C. (1999). Brain lesions in preterms: origin, consequences, and compensation. Acta Paediatrica, 88, 897-908.

KRAMER, A. F., HUMPHREY, D. G., LARISH, J. F., LOGAN, G. D., & STRAYER, D. L. (1994). Aging and disinhibition : Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. Psychology and Aging, 9, 491-512.

KRIKORIAN, R., BARTOK, J., & GAY, N. (1994). Tower of London procedure : a standard method and developmental data. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 16, 840-850.

KRISTENSEN, J., LANGHOFF-ROOS, J., & KRISTENSEN, F. B. (1995). Implications of idiopathic preterm delivery for previous and subsequent pregnancies. Obstetrics and Gynecology, 86 (5), 800-804.

LAGERCRANTZ, H. (1997). Better born too soon than too small. Lancet, 350, 1044-1045.

LAGERSTROM, M., BREMME, K., ENEROTH, P., & JANSON, C.-G. (1994). Long-term development for girls and boys at age 16-18 as related to birth weight and gestational age. International Journal of Psychophysiology, 17, 175-180.

LA PINE, T. R., JACKSON, J. C., & BENNETT, F. C. (1995). Outcome of Infants Weighing Less Than 800 Grams at Birth : 15 Years' Experience. Pediatrics, 96 (3), 479-483.

LAPLANTE, L., EVERETT, J., & THOMAS, J. (1992). Inhibition through negative priming with Stroop stimuli in schizophrenia. British Journal of Clinical Psychology, 31, 307-326.

LARGO, R. H., MOLINARI, L., COMINALE PINTO, L., WEBER, M., & DUC, G. (1986). Language development of term and preterm children during the first five years of life. Developmental Medicine and Child Neurology, 28, 333-350.

LARGO, R. H., MOLINARI, L., KUNDU, S., LIPP, A., & DUC, G. (1990). Intellectual outcome, speech and school performance in high risk preterm children with birth weight appropriate for gestational age. European Journal of Pediatrics, 149, 845-850.

LARROQUE, B. (2004). Les troubles du développement des enfants grands prématurés mesurés à l'âge scolaire. Revue de la littérature. Journal de Gynécologie, Obstétrique et Biologie de la Reproduction, 33, 475-486.

LARROQUE, B., & le groupe Epipage. (2000). Epipage : étude épidémiologique sur les petits âges gestationnels. Protocole de l'enquête. Archives de Pédiatrie, 7 (suppl 2), 339-342.

LARROQUE, B., BREART, G., KAMINSKI, M., DEHAN, M., ANDRE, M., BURGUET, A., GRANDJEAN, H., LEDESERT, B., LEVEQUE, C., MAILLARD, F., MATIS, J., ROZE, J. C., & TRUFFERT, P. (2004). Survival of very preterm infants: Epipage, a population based cohort study. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 89, 139-144.

LARROQUE, B., MARRET, S., ANCEL, P. Y., ARNAUD, C., MARPEAU, L., SUPERNANT, K., PIERRAT, V., ROZE, J. C., MATIS, J., CAMBONIE, G., BURGUET, A., ANDRE, M., KAMINSKI, M., BREART, G., & the Epipage Group (2003). White matter damage and intraventricular hemorrhage in very preterm infants : the Epipage study. Journal of Pediatrics, 143 (4), 477-483.

LAUTERBACH, M. D., RAZ, S., & SANDER, C. J. (2001). Neonatal hypoxic risk in preterm infants: the influence of sex and severity of respiratory distress on cognitive recovery. Neuropsychology, 15 (3), 411-420.

LE BOUEDEC, B., MARTINS, D., IRALDE, L., GAUTHIER, K., & DELAPORTE, A. (2002). L'inhibition dans le vieillissement normal. In C. BOUJON (Ed.). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition. Fonctionnements normal et pathologique. Marseille : Solal (pp.133-157).

LECLERCQ, M., & ZIMMERMANN, P. (2000). L'évaluation des fonctions attentionnelles. In X. SERON & M. VAN DER LINDEN (Eds). Traité de neuropsychologie clinique. Tome I. Marseille : Solal (pp. 95- 114).

LECONTE, P., & BEUGNET-LAMBERT, C. (1988). Chronopsychologie : rythmes et activités humaines. PU Lille.

LECONTE-LAMBERT, C. (1997). Processus attentionnels et troubles de l'apprentissage. A.N.A.E., 43, 99-100.

LEE, H., & BARRATT, M. S. (1993). Cognitive development of preterm low birth weight children at 5 to 8 years old. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 14, 242-249.

LEFEBVRE, F., BARD, H., VEILLEUX, A., & MARTEL, C. (1988). Outcome at school age of children with birthweights of 1000 grams or less. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 170-180.

LE GALL, D., VAN DER LINDEN, M., ANDRES, P., ZIED KEFI, M., & COLLETTE, F. (2002). Inhibition et lobes frontaux. In C. BOUJON (Ed.). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition. Fonctionnements normal et pathologique. Marseille : Solal (pp.159-178).

LE NY, J. F. (1992). Le conditionnement et l'apprentissage. Paris : PUF.

LEONARD, C. H., & PIECUCH, R. E. (1997). School age outcome in low birth weight preterm infants. Seminars in Perinatalogy, 21 (3), 240-253.

LEQUIEN, P. (1999). Survie et qualité de survie des grands prématurés. Enfance, 1, 93-95.

LEVENE, M. I., DOWLING, S., GRAHAM, M., FOGELMAN, K., & GALTON, M. (1992). Impaired motor function (clumsiness) in 5 year old children correlates with neonatal ultrasound scans. Archives of Disease in Childhood, 67, 687-690.

LEVY, B. J., & ANDERSON, M. C. (2002). Inhibitory processes and the control of memory retrieval. Trends in Cognitive Science, 6 (7), 299-305.

LEVY-SHIFF, R., EINAT, G., HAR-EVEN, D., MOGILNER, M., MOGILNER, S., LERMAN, M., & KRIKLER, R. (1994). Emotional and behavioral adjustment of children born prematurely. Journal of Clinical Child Psychology, 23, 323-333.

LIAW, F., & BROOKS-GUNN, J. (1993). Patterns of low-birth-weight children's cognitive development. Developmental Psychology, 29, 1024-1035.

LIGHT, L. L., & BURKE, D. M. (1988). Language, memory, and aging. New York : Cambridge University Press.

LIN, C. C., HSIAO, C. K., & CHEN, W. J. (1999). Development of sustained attention assessed using the continuous performance test among children 6-15 years of age. Journal of Abnormal Child Psychology, 27 (5), 403-412.

LLOYD, B.W., WHELDALL, K., & PERKS, D. (1988). Controlled study of intelligence and school performance of very low birthweight children from a defined geographical area. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 36-42.

LOGAN, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. Psychological Review, 95, 492-527.

LOGAN, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action : A users' guide to the stop signal paradigm. In D. DAGENBACH, & T. H. CARR (Eds). Inhibitory processes in attention, memory, and language. San Diego : Academic Press (pp. 189-239).

LOGAN, G. D., & COWAN, W. B. (1984). On the ability to inhibit thought and action : A theory of an act of control. Psychological Review, 91, 295-327.

LOGAN, G. D., SCHACHAR, R. J., & TANNOCK, R. (1997). Impulsivity and inhibitory control. Psychological Science, 8, 60-64.

LORENZ, J. M., WOOLIEVER, D. E., JETTON, J. R., & PANETH, N. (1998). A quantitative review of mortality and developmental disability in extremely premature newborns. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 152, 425-435.

LOWE, J., & PAPILE, L.A. (1990). Neurodevelopmental performance of very-low-birth-weight infants with mild periventricular, intraventricular hemorrhage. American Journal of Diseases of Children, 144, 1242-1245.

LUCIANA, M., LINDEKE, L., GEORGIEFF, M., MILLS, M., & NELSON, C. A. (1999). Neurobehavioral evidence for working-memory in school-aged children with histories of prematturity. Developmental Medicine and Child Neurology, 41, 521-534.

LUMLEY, J. (1993). The epidemiology of preterm birth. Baillière's Clinical Obstetrics and Gynaecology, 7 (3), 477-498.

LUOMA, L., HERRGARD, E., & MARTIKAINEN, A. (1998). Neuropsychological analysis of the visuomotor problems in children born preterm at ≤32 weeks of gestation : a 5-year prospective follow-up. Developmental Medicine and Child Neurology, 40, 21-30.

LURIA, A. R. (1966). Higher cortical functions in man. New York : Basic Books.

LURIA, A. R. (1970). The functional organization of the brain. Scientific American, 222, 66-78.

LURIA, A. R. (1973). The working brain : An introduction to neuropsychology. London: Penguin Books.

LUSSIER, F., & FLESSAS, J. (2001). Neuropsychologie de l'enfant. Troubles développementaux et de l'apprentissage. Paris : Dunod.

LUSSIER, F., GUERIN, F., DUFRESNE, A., & LASSONDE, M. (1998). Etude normative développementale des fonctions exécutives: la tour de Londres. A.N.A.E., 47, 42-52.

LUSSIER, I., & STIP, E. (1999). Attention sélective et schizophrénie avant l'administration de neuroleptiques. L'Encéphale, 25, 576-583.

LUSTIG, C., HASHER, L., & TONEV, S. T. (2001). Inhibitory control over the present and the past. European Journal of Cognitive Psychology, 13 (1/2), 107-122.

LUSTIG, C., MAY, C. P., & HASHER, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. Journal of Experimental Psychology : General. 130 (2), 199-207.

MAALOUF, E. F., DUGGAN, P. J., RUTHERFORD, M. A., COUNSELL, S. J., FLETCHER, A. M., BATTIN, M., COWAN, F. & EDWARDS, A. D. (1999). Magnetic resonance imaging of the brain in a cohort of extremely preterm infants. Journal of Pediatrics, 135, 351-357.

MacLEOD, C. M. (1991). Fifty years of the Stroop effect : An integrative review and reinterpretation of effects. Psychological Bulletin, 114, 376-390.

MacLEOD, C. M., & DUNBAR, K. (1988). Training and Stroop-like interference : Evidence for a continuum of automaticity. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 14, 126-135.

MAMELLE, N., MEASON, A., & AUDRAS de la BASTIE, M. (1988). Facteurs psychologiques de la prématurité. In : XVIIIèmes Journées de la Médecine Périnatale (Toulouse). Paris : Arnette (pp. 181-186).

MARLOW, N., ROBERTS, B. L., & COOKE, R. W. I. (1989). Motor skills in extremely low birthweight children at the age of 6 years. Archives of Disease in Childhood, 64, 839-847.

MARLOW, N., ROBERTS, B. L., & COOKE, R. W. I. (1993). Outcome at 8 years for children with birth weights of 1250 g or less. Archives of Disease in Childhood, 68, 286-290.

MAY, C. P., KANE, M. J., & HASHER, L. (1995). Determinants of negative priming. Psychological Bulletin, 118, 35-54.

MAY, C. P., HASHER, L., & KANE, M. J. (1999). The role of interference in memory span. Memory and Cognition, 27, 759-767.

MAZEAU, M. (1995). Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant. Du trouble à la rééducation. Paris : Masson.

MAZEAU, M. (1997). Les fonctions practo-gnosiques. Répercussions chez les apprentissages chez l'enfant. A.N.A.E., 43, 112-115.

MAZEAU, M. (1999). Dysphasies, troubles mnésiques, syndrome frontal chez l'enfant. Du trouble à la rééducation. Paris : Masson.

MAZEAU, M. (2003). Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant. Paris : Masson.

McCORMICK, M.C , BROOKS-GUNN, J., WORKMAN-DANIELS, K., TURNER, J., & PECKHAM, G. J. (1992). The health and developmental status of very low birth weight children at school age. The Journal of the American Medical Association, 267, 2204-2208.

McCORMICK, M. C., GORTMAKER, S. L., & SOBOL, A. M. (1990). Very low birth weight children: Behavior problems and school difficulty in a national sample. The Journal of Pediatrics, 117, 687-693.

McCORMICK, M. C., & RICHARDSON, D. K. (2002). Editorials. Premature Infants Grow Up. The New England Journal of Medicine, 346 (3), 197-198.

McCORMICK, M., WORKMAN-DANIELS, K., & BROOKS-GUNN, J. (1996). The behavioural and emotional well-being of school age children with different birthweights. Pediatrics, 97, 18-25.

McDONALD, M. A., SIGMAN, M., & UNGERER, J. A. (1989). Intelligence and behavior problems in 5-year-olds in relation to representational abilities in the second year of life. Developmental and Behavioral Pediatrics, 10 (2), 86-91.

McDOWD, J. M. (1997). Inhibition in attention and aging. Journal of Gerontology, 52B, 265-273.

McDOWD, J. M., OSEAS-KREGER, D. M., & FILION, D. L. (1995). Inhibitory processes in cognition and aging. In F. DEMPSTER, & C. BRAINERD (Eds). Interference and inhibition in cognition. San Diego : Academic Press (pp. 362-400).

McGINNITY, F. G., & BRYARS, J. H. (1992). Controlled study of ocular morbidity in school children born preterm. British Journal of Ophtalmology, 76, 520-524.

MELLIER, D. (1994). Le syndrome de l'ancien prématuré : le retour ? In M.DELEAU & A. WEIL-BARAIS (Eds). Le développement de l'enfant : approches comparatives. Paris : PUF (pp. 159-164).

MELLIER, D. (1998). La science des bébés face à la question de l'exceptionnel et du virtuel. Enfance, 1, 73-85.

MELLIER, D. (1999). La prématurité : l'ouverture de problématiques nouvelles. Enfance, 1, 3-11.

MELLIER, D., FERNANDEZ-BERANI, L., & FESSARD, C. (1999). Devenir à 6 ans d'enfants grands prématurés. Enfance, 1, 67-78.

MELLIER, D., & FESSARD, C. (1998). Preterm Birth and Cognitive Inhibition. Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 48 (1), 13-17.

MENT, L. R., VOHR, B., ALLAN, W., KATZ, K. H., SCHNEIDER, K. C., WESTERVELD, M., DUNCAN, C. C., & MAKUCH, R. W. (2003). Change in cognitive function over time in very low-birth-weight infants. The Journal of the American Medical Association, 289, 705-711.

METZLER, C., & PARKIN, A. J. (2000). Reversed negative priming following frontal lobe lesions. Neuropsychologia, 38, 363-379.

MICHELSSON, K., LINDAHL, E., PARRE, M., & HELENIUS, M. (1984). Nine-year Follow-up of Infants Weighing 1500 g or Less at Birth. Acta Paediatrica Scandinavica, 73, 835-841.

MILNER, B. (1963). Effects of different brain lesions on card-sorting. Archives of Neurology, 9, 90-100.

MIYAKE, A., FRIEDMAN, N. P., EMERSON, M. J., WITZKI, A. H., HOWERTER, A. & WAGER, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. Cognitive Psychology, 41 (1) 49-100.

MIYAKE, A., FRIEDMAN, N. P., RETTINGER, D. A., SHAH, P., & HEGARTY, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related ? A latent-variable analysis. Journal of Experimental Psychology: General. 130 (4), 621-640.

MIYAKE, A., & SHAH, P. (1999). Toward unified theories of working memory : Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. In A. MIYAKE & P. SHAH (Eds). Models of working memory : Mechanisms of active maintenance and executive control. New York : Cambridge University Press (pp. 442-481).

MOORE, C. M. (1994). Negative priming depends on probe-trial conflict : Where has all the inhibition gone ? Perception and Psychophysics, 56 (2), 133-147.

MORRIS, R. G. (1986). Short-term forgetting in senile dementia of the Alzheimer's type. Cognitive Neuropsychology, 3 (1), 77-97.

MORRIS, R. G. (1994). Working memory in Alzheimer-Type dementia. Neuropsychology, 8, 544-554.

MORRIS, R. G., AHMED, S., SYED, G. M., & TOONE, B. K. (1993). Neural correlates of planning ability : frontal lobe activation during the Tower of London test. Neuropsychologia, 31, 1367-1378.

MORRIS, R. N., & JONES, D. M. (1990). Memory updating in working memory : The role of the central executive. British Journal of Psychology, 81, 111-121.

MOULIN, C. J. A., PERFECT, T. J., CONWAY, M. A., NORTH, A. S., JONES, R. W., & JAMES, N. (2002). Retrieval-induced forgetting in Alzheimer's disease. Neuropsychologia, 40, 862-867.

MOUTIER, S. (1997). Biais de raisonnement déductif et inhibition chez l'enfant d'âge scolaire. Archives de Psychologie, 65, 279-292.

MOUTIER, S. (2003). Inhibition et développement cognitif. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.75-101).

MÜLLER, G. E., & SCHUMANN, F. (1894). Experimentelle Beiträge zu Untersuchung des Gedächtnisses. Zsch. F. Psychol., 6, 81-190.

MURJI, S., & DELUCA, J. W. (1998). Preliminary validity of the cognitive function checklist : Prediction of Tower of London performance. Clinical Neuropsychologist, 12, 358-364.

MURRAY, D. J. (1976). Research on human memory in the nineteenth century. Canadian Journal of Psychology, 30, 201-220.

MUTCH, L., ALBERMAN, E., HAGBERG, B., KODAMA, K., & PERAT, M. V. (1992). Cerebral palsy epidemiology : where are we now and where are we going ? Developmental Medicine and Child Neurology, 34, 547-555.

MUTCH, L., LEYLAND, A., & McGEE, A. (1993). Patterns of neuropsychological function in a low-birthweight population. Developmental Medicine and Child Neurology, 35, 943-956.

NADEAU, L., BOIVIN, M., TESSIER, R., LEFEBVRE, F., & ROBAEY, P. (2001). Mediators of behavioral problems in 7-year-old children born after 24 to 28 weeks of gestation. Developmental and Behavioral Pediatrics, 22 (1), 1-10.

NAGLIERI, J. A. (1985). Assessment of mentally retarded children with the Kaufman Assessment Battery for Children. American Journal of Mental Deficiency, 89 (4), 367-371.

NEILL, W. T. (1977). Inhibitory and facilitatory processes in selective attention. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 3, 444-450.

NEILL, W. T. (1997). Episodic retrieval in negative priming and repetition priming. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 23, 1291-1305.

NEILL, W. T., & MATHIS, K. M. (1998). Transfer-inappropriate processing : negative priming and related phenomena. The Psychology of Learning, 38, 1-44.

NEILL, W. T., VALDES, L. A., & TERRY, K. M. (1995). Selective attention and the inhibitory control of cognition. In F. N. DEMPSTER, & C. J. BRAINERD (Eds). Interference and inhibition in cognition. San Diego, CA : Academic Press (pp. 207-261).

NEILL, W. T., VALDES, L. A., TERRY, K. M., & GORFEIN, D. S. (1992). The persistence of negative priming : II. Evidence for episodic retrieval. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 18, 993-1000.

NEILL, W. T., & WESTBERRY, R. L. (1987). Selective attention and the suppression of cognitive noise. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 13, 327-334.

NEISSER, U. (1967). Cognitive Psychology. New-York : Appleton-Century-Crofts.

NELLY, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory : role of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. Journal of Experimental Psychology : General, 106, 226-254.

NICKEL, R. E., BENNETT, F. C., & LAMSON, F. N. (1982). School performance of children with birth weights of 1,000 g or less. American Journal of Diseases of Children, 136, 105-110.

NIGG, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. Psychological Bulletin, 126 (2), 220-246.

NIGG, J. T., BUTLER, K. M., HUANG-POLOCK, C. L., & HENDERSON, J. M. (2001). Inhibitory process in adults with persistent childhood onset ADHD. (Submitted for publication)

NISHIDA, H. (1993). Outcome of infants born preterm, with special emphasis on extremely low birthweight infants. Baillière's Clinical Obstetrics and Gynaecology, 7 (3), 611-631.

NOSARTI, C., AL-ASADY, M. H. S., FRANGOU, S., STEWART, A. L., RIFKIN, L., & MURRAY, R. M. (2002). Adolescents who were born very preterm have decreased brain volumes. Brain, 125, 1616-1623.

O'BRIEN, F., ROTH, S., STEWART, A., RIFKIN, L., RUSHE, T., & WYATT, J. (2004). The neurodevelopmental progress of infants less than 33 weeks into adolescence. Archives of Disease in Childhood, 89, 207-211.

O'CALLAGHAN, M. J., BURNS, Y., GRAY, P., HARVEY, J. M., MOHAY, H. I., ROGERS, Y., & TUDEHOPE, D. I. (1996). School performance of ELBW children : a controlled study. Developmental Medicine and Child Neurology, 38, 917-926.

O'DONNELL, P., & GRACE, A. A. (1995). Synaptic interactions among excitatory afferents to nucleus acumbens neurones : hippocampal gating of prefrontal cortical input. The Journal of Neuroscience, 15, 3622-3639.

OLSEN, P., PAAKKO, E., VAINIONPAA, L., PYHTINEN, J., & JARVELIN, M. R. (1997). Magnetic resonance imaging of periventricular leukomalacia and its clinical correlation in children. Annals of Neurology, 41, 754-761.

OLSON, S. L. (1989). Assessment of impulsivity in preschoolers : cross measure convergencies, longitudinal stability, and relevance to social competence. Journal of Clinical Child Psychology, 18, 176-183.

OLTMAN, P. K., RASKIN, E., & WITKIN, H. A. (1985). Test des Figures Encastrées, forme collective (G.E.F.T.). Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

ORNSTEIN, M., OHLSSON, A., EDMONDS, J., & ASZTALOS, E. (1991). Neonatal follow-up of very low birthweight/extremely low birthweight infants to school age : a critical overview. Acta Paediatrica Scandinavica, 80, 741-748.

ORR, S. T., JAMES, S. A., & CASPER, R. (1992). Psychosocial stressors and low birth weight: development of a questionnaire. Developmental and Behavioral Pediatrics, 13 (5), 343-347.

OWEN, A. M., DOWNES, J. J., SAHAKIAN, B. J., POLKEY, C. E., & ROBBINS, T. W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. Neuropsychologia, 28, 1021-1034.

PAGE, M. P. A., & NORRIS, D. (1998). The primacy model : A new model of immediate serial recall. Psychological Review, 105, 761-781.

PAPIERNIK, E. (1969). Coefficient de risque d'accouchement prématuré (C.R.A.P.). La Presse Médicale, 77, 793-794.

PAPIERNIK, E. BOUYER, J., & DREYFUS, J. (1995). A perinatal study in Haguenau France. Pediatrics, 76, 154-158.

PARDO, J., PARDO, P., JANER, K., & RAICHLE, M. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. Proceedings of the National Academy of Sciences, 87, 256-259.

PARKER, S., GREER, S., & ZUCKERMAN, B. (1988). Double jeopardy : The impact of poverty on early child development. The Pediatric Clinics of North America, 35, 1227-1240.

PASAMANICK, B., & LILIENFELD, A. M. (1955). Association of maternal and fetal factors with development of mental deficiency : Abnormalities in the prenatal and perinatal periods. Journal of the American Medical Association, 159, 155-160.

PASAMANICK, B., ROGERS, M. E., & LILIENFELD, A. M. (1956). Pregnancy experience and the development of behavior disorder in children. American Journal of Psychiatry, 112, 613-618.

PASCUAL-LEONE, J. (1969). Cognitive development and cognitive style : A general psychological integration. Unpublished doctoral dissertation, University of Geneva.

PASCUAL-LEONE, J. (1988). Organismic processes for neo-Piagetian theories. In A. DEMETRIOU (Ed.). The neo-Piagetian theories of cognitive development. Amsterdam : North-Holland (pp. 25-64).

PASCUAL-LEONE, J. (1989). An organismic process model of Witkin's field-dependence-independence. In T. GLOBERSON, & T. ZELNIKER (Eds). Cognitive style and cognitive development. Norwood, NJ : Ablex (pp. 86-115).

PASSLER, M. A., ISAAC, W., & HYND, G. W. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. Developmental Neuropsychology, 1, 349-370.

PENNEQUIN, V., NANTY, I., & KHOMSI, A. (2004). Mesurer la résistance à l'interférence chez l'enfant : élaboration d'un nouveau test à « effet Stroop ». L'année Psychologique, 104, 203-226.

PENNINGTON, B. F. (1997). Dimensions of executive functions in normal and abnormal development. In N. A. KRASNEGOR, G. R. LYON, & P. S. GOLDMAN-RAKIC (Eds). Development of the prefrontal cortex : Evolution, neurobiology, and behavior. Baltimore : P. H. Brookes (pp.265-281).

PENNINGTON, B. F., & OZONOFF, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37, 51-87.

PERLMAN, J.M. (1998). White matter injury in the preterm infant: An important determination of abnormal developmental outcome. Early Human Development, 53, 99-120.

PETERSON, B. S., VOHR, B., STAIB, L. H., CANNISTRACI, C. J., DOLBERG, A., SCHNEIDER, K. C., KATZ, K. H., WESTERVELD, M., SPARROW, S., ANDERSON, A. W., DUNCAN, C. C., MAKUCH, R. W., GORE, J. C., & MENT, L. R. (2000). Regional brain volume abnormalities and long-term cognitive outcome in preterm infants. The Journal of the American Medical Association, 284, 1939-1947.

PETOT, D. (1999). Enfants hyperactifs : troubles cognitifs spécifiques et troubles de l'attention. Enfance, 2, 137-156.

PETRIDOU, E., SALVANOS, H., SKALKIDOU, A., DESSYPRIS, N., MOUSTAKI, M., & TRICHOPOULOS, D. (2001). Are there common triggers of preterm deliveries ? British Journal of Obstetrics and Gynaecology, 108 (6), 598-604.

PHAROAH, P. O. D., STEVENSON, C. J., COOKE, R. W. I., & STEVENSON, R. C. (1994). Prevalence of behaviour disorders in low birthweight infants. Archives of Disease in Childhood, 70, 271-274.

PHIBBS, C. S., BRONSTEIN, J. M., BUXTON, E., & PHIBBS, R. H. (1996). The effect of patient volume and level of care at the hospital of birth on neonatal mortality. The Journal of the American Medical Association, 276, 1054-1059.

PICARD, A. (1998). Troubles d'apprentissage chez les prématurés. A.N.A.E., 49-50, 161-162.

PICARD, A. (2000). Dyspraxies de développement chez les enfants nés prématurés, diagnostic, remédiation. A.N.A.E., 59-60, 158-164.

PICHOT, P (1994). Préface. In A.S. KAUFMAN et coll. (Eds). K.ABC : pratique et fondements théoriques. Paris : La pensée sauvage (pp. 11-19).

PIECUCH, R. E., LEONARD, C. H., COOPER, B. A., KILPATRICK, S. J., SCHLEUTER, M. A., & SOLA, A. (1997). Outcome of infants inborn at 24-26 weeks gestation. II Neurodevelopmental Outcome. Obstetrics & Gynecology, 90, 809-814.

PLAZA, M. (2001). Dyslexie de développement et défaillance du traitement séquentiel : les difficultés du rappel en ordre. A.N.A.E., 62-63, 83-88.

PLAZA, M., DHELLEMMES, J., QUENTIN, V., & SAYAG, J. (1997). Difficultés de l'évaluation cognitive chez des enfants avec une infirmité motrice cérébrale. A.N.A.E., 42, 67-72.

PLUDE, D. J., & HOYER, W. J. (1985). Attention and performance : Identifying and localizing age deficits. In N. CHARNESS (Ed.). Aging and human performance. New York : Academic Press (pp. 47-99).

PORTNOY, S., CALLIAS, M., WOLKE, D., & GAMSU, H. (1988). Five-year follow-up study of extremely low-birthweight infants. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 590-598.

POSNER, M. I., & SNYDER, C. R. (1975). Facilitation and inhibition processing of signals. In J. REQUIN (Ed.). Attention and Performance V. New York : Academic Press (pp. 669-681).

POSTAL, V., & GOUTTEROD, C. (2001). Différences individuelles en mémoire de travail et vieillissement : Etude des processus d'inhibition dans une tâche de récupération en mémoire. In A. FLIELLER, C. BOCEREAN, J. L. KOP, E. THIEBAULT, A. M. TONIOLO, & J. TOURNOIS (Eds). Questions de psychologie différentielle. Rennes : PUR (pp. 165-172).

POWELL, T. G., PHAROAH, P. O. D., COOKE, R. W. I., & ROSENBLOOM, L. (1988a). Cerebral palsy in low-birthweight infants. 1. Spastic hemiplegia : asociations with intrapartum stress. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 11-18.

POWELL, T. G., PHAROAH, P. O. D., COOKE, R. W. I., & ROSENBLOOM, L. (1988b). Cerebral palsy in low-birthweight infants. 2. Spastic diplegia : asociations with fetal immaturity. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 19-25.

PUGLIESE, A., VICEDOMINI, D., & ARSIERI, R. (1997). Perinatal outcomes of newborn infants of mothers over 40 years old : a case-control study. Minerva Ginecologica, 49 (3), 81-84.

PURPURA, D. P. (1975). Morphogenesis of visual cortex in the preterm infant. In M.A.B. BRAZIER (Ed.). Growth and development of the brain : nutritional, genetic, and environmental factors. New York : Raven Press.

RAFAL, R., & HENIK, A. (1994). Neurology of inhibition. In D. DAGENBACH, & T. H. CARR (Eds). Inhibitory processes in attention, memory and language. New York : Academic Press (pp. 1-51).

RAND, G., WAPNER, S., WERNER, H., & McFARLAND, J. H. (1963). Age differences in performance on the Stroop color-word test. Journal of Personality, 31, 534-558.

RAZ, S., LAUTERBACH, M. D., HOPKINS, T. L., GLOGOWSKI, B. K., PORTER, C. L., RIGGS, W. W., & SANDER, C. J. (1995). A female advantage in cognitive recovery from early cerebral insult. Developmental Psychology, 31, 958-966.

de RIBAUPIERRE, A. (1989). Cognitive style and operational development : A review of French literature and a Neo-Piagetian reinterpretation. In T. GLOBERSON, & T. ZELNIKER (Eds). Cognitive style and cognitive development. Norwood, NJ : Ablex (pp. 86-115).

de RIBAUPIERRE, A. (2000). Working Memory and Attentional Control. In W. PERRIG, & A. GROB (Eds). Control of Human Behavior, Mental Processes, and Consciousness. Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates (pp. 147-164).

de RIBAUPIERRE, A., BORELLA, E., & DELALOYE, C. (2003). Inhibition et variabilité individuelle : généralité ou spécificité des processus inhibiteurs. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.103-124).

de RIBAUPIERRE, A., OLIVIER, M., LEUTWYLER, J., & POGET, L. (1999). Attention sélective et mémoire de travail au cours du lifespan. In M. HUTEAU, & J. LAUTREY (Eds). Approches différentielles en psychologie. Rennes : PUR (pp. 33-40).

de RIBAUPIERRE, & POGET, L. (1996). L'inhibition au travers du life-span dans quatre tâches d'attention sélective. Communication affichée présentée au IVèmes Journées d'Etudes du Vieillissement Cognitif. Louvain-la-Neuve.

RICHARD, J.-F. (1997). Attention, contrôle et gestion des ressources. In D. MELLIER, & A. VOM HOFE (Eds). Attention et contrôle cognitif. Mécanismes, développement des habiletés, pathologies. Publications de l'Université de Rouen, n° 228 (pp. 7-16).

RICKARDS, A. L., KITCHEN, W. H., DOYLE, L. W., FORD, G. W., KELLY, E. A., & CALLANAN, C. (1993). Cognition, school performance, and behavior in very low birth weight and normal birth weight children at 8 years of age : a longitudinal study. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 14, 363-368.

RICKARDS, A. L., RYAN, M. M., & KITCHEN, W. H. (1988). Longitudinal study of very low birthweight infants : intelligence and aspects of school progress at 14 years of age. Australian Paediatric Journal, 24, 19-23.

RIECK, M. (1988). Evaluation of children with learning disabilities on Luria's Neuropsychological Test Battery. School Psychology International, 9, 285-289.

RIECK, M., ARAD, I., & NETZER, D. (1996). Developmental evaluation of very-low-birthweight infants: longitudinal and cross-sectional studies. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 549-562.

ROBERTS, R. J. Jr., HAGER, L. D., & HERON, C. (1994). Prefrontal cognitive processes : working memory and inhibition in the antisaccade task. Journal of Experimental Psychology : General, 123, 374-393.

ROBERTSON, C. M. T., ETCHES, P. C., & KYLE, J. M. (1990). Eight-year school performance and growth of preterm, small for gestational age infants : A comparative study with subjects matched for birth weight or for gestational age. Journal of Pediatrics, 116, 19-26.

ROBITAILLE, A., EVERETT, J., & THOMAS, J. (1990). Etude neuropsychologique d'enfants de 7 à 12 ans présentant des troubles de l'attention. Inhibition du processus séquentiel et hypothèse frontale. A.N.A.E., 2, 60-64.

ROBSON, A., & CLINE, B. (1998). Developmental Consequences of Intrauterine Growth Retardation. Infant Behavior and Development, 21 (2), 331-344.

ROGERS, W. A., & FISK, A. D. (1991). Age-related differences in the maintenance and modification of automatic processes : Arithmetic Stroop interference. Human Factors, 33, 45-56.

ROLLET, C. (1996). Pierre Budin, l'obstétricien pédiatre, ou le début de la médecine périnatale. Devenir, 8 (3), 61-75.

ROSE, S. A., & FELDMAN, J. F. (1996). Memory and processing speed in preterm children at 11 years : A comparison with full-terms. Child Development, 67, 2005-2021.

ROSE, S. A., FELDMAN, J. F., WALLACE, I. F., & McCARTON, C. (1991). Information processing at 1 year : Relation to birth status and developmental ouctome during the first 5 years. Developmental Psychology, 27, 723-737.

ROSEN, V. M., & ENGLE, R. W. (1998). Working memory capacity and suppression. Journal of Memory and Language, 39, 418-436.

ROSENBERG, D. R., AVERBACH, D. H., O'HEARN, K. M., SEYMORE, A. B., BIRMAHER, B., & SWEENEY, J. A. (1997). Oculomotor response inhibition abnormalities in pediatric obsessive-compulsive disorder. Archives of General Psychiatry, 54, 831-838.

ROSENFELD, G. B., & BRADLEY, C. (1948). Childhood behavior sequelae of asphyxia in infancy with special reference to pertussis and asphyxia neonatorum. Pediatrics, 2, 74-84.

ROSS, G., LIPPER, E. G., & AULD, P. A. M. (1990). Social competence and behaviour problems in premature children at school age. Pediatrics, 86, 391-397.

ROSS, G., LIPPER, E. G., & AULD, P. A. M. (1991). Educational status and school-related abilities of very low birth weight premature children. Pediatrics, 88, 1125-1134.

ROSS, G., LIPPER, E. G., & AULD, P. A. M. (1996). Cognitive abilities and early precursors of learning disabilities in very-low-birthweight children with normal intelligence and normal neurological status. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 563-580.

ROSS, R. G., HOMMER, D., BRIEGER, D., VARLEY, C., & RADANT, A. (1994). Eye movement task related to frontal lobe functioning in children with attention deficit disorder. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 33, 869-874.

ROTH, S. C., BAUDIN, J., McCORMICK, D. C., EDWARDS, A. D., TOWNSEND, J., STEWART, A. L., & REYNOLDS, E. O. (1993). Relation between ultrasound appearance of the brain of very preterm infants and neurodevelopmental impairment at eight years. Developmental Medicine and Child Neurology, 35, 755-768.

ROTH, S., WYATT, J., BAUDIN, J., TOWNSEND, J., RIFKIN, L., RUSHE, T., AMIEL-TISON, C., & STEWART, A. L. (2001). Neurodevelopmental status at 1 year predicts neuropsychiatric outcome at 14-15 years of age in very preterm infants. Early Human Development, 65 (2), 81-89.

ROTHLIND, J. C., POSNER, M. I., & SCHAUGHENCY, E. A. (1991). Lateralized control of eye movement in attention deficit hyperactivity disorder. Journal of Cognitive Neuroscience, 3, 374-393.

RUSHE, T. M., RIFKIN, L., STEWART, A. L., TOWNSEND, J. P., ROTH, S. C., WYATT, J. S., & MURRAY, R. M. (2001). Neuropsychological outcome at adolescence of very preterm birth and its relation to brain structure. Developmental Medicine and Child Neurology, 43, 226-233.

SAHAKIAN, B. J., & OWEN, A. M. (1992). Computerized assessment in neuropsychiatry using CANTAB. Journal of the Royal Society of Medicine, 85, 399-402.

SAIGAL, S., HOULT, L. A., STREINER, D. L., STOSKOPF, B. L., & ROSENBAUM, P. L. (2000). School difficulties at adolescence in a regional cohort of children who were extremely low birth weight. Pediatrics, 105 (2), 325-331.

SAIGAL, S., STOSKOPF, B. L., STREINER, D. L., & BURROWS, E. (2001). Physical growth and current health status of infants who were of extremely low birth weight and controls at adolescence. Pediatrics, 108, 407-415.

SAIGAL, S., SZATMARI, P., & ROSENBAUM, P. (1992). Can learning disabilities in children who were extremely low birth weight be identified at school entry ? Developmental and Behavioral Pediatrics, 13 (5), 356-362.

SAIGAL, S., SZATMARI, P., ROSENBAUM, P., CAMPBELL, D., & KING, S. (1990). Intellectual and functional status at school entry of children who weighed 1000 grams or less at birth : a regional perspective of births in the 1980s. Journal of Pediatrics, 116, 409-416.

SAIGAL, S., SZATMARI, P., ROSENBAUM, P., CAMPBELL, D., & KING, S. (1991). Cognitive abilities and school performance of extremely low birth weight children and matched term control children at age 8 years : A regional study. The Journal of Pediatrics, 118, 751-760.

SALICE, G., & JUHEL, J. (2001). Structure et sensibilité à l'âge des composantes de la performance à l'épreuve de production aléatoire de chiffres. In A. FLIELLER, C. BOCEREAN, J. L. KOP, E. THIEBAULT, A. M. TONIOLO, & J. TOURNOIS (Eds). Questions de psychologie différentielle. Rennes : PUR (pp. 159-164).

SALICE, G., & JUHEL, J. (sous presse). Effets du vieillissement normal sur les composantes réactive et auto-générée de la flexibilité cognitive. In M. ISINGRINI, R. FONTAINE, & L. TACONNAT (Eds). Le vieillissement cognitif.

SALO, R., NORDAHL, T. E., POSSIN, K., LEAMON, M., GIBSON, D. R., GALLOWAY, G. P., FLYNN, N. M., HENIK, A., PFEFFERBAUM, A., & SULLIVAN, E. V. (2002). Preliminary evidence of reduced cognitive inhibition in methamphetamine-dependent individuals. Psychiatry Research, 111, 65-74.

SALTHOUSE, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. Psychological Review, 103, 403-428.

SALTHOUSE, T. A., & MEINZ, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. Journal of Gerontology : Psychological Sciences, 50, 297-306.

SAMEROFF, A. J. (1986). Environmental context of child development. The Journal of Pediatrics, 109 (1), 192-200.

SAMEROFF, A., & CHANDLER, M. (1975). Reproductive risk and the continuum of care-taking casualty. In F.D. HOROWITZ (Ed.). Review of Child Development Research. Chicago, IL : University of Chicago Press (pp. 187-245).

SAMEROFF, A., SEIFER, R., BALDWIN, A., & BALDWIN, C. (1993). Stability of intelligence from preschool to adolescence : The influence of social and family factors. Child Development, 64, 80-97.

SANSAVINI, A., RIZZARDI, M., ALESSANDRONI, R., & GIOVANELLI, G. (1996). The development of Italian low- and very-low-birthweight infants from birth to 5 years: the role of biological and social risks. International Journal of Behavioral Development, 19 (3), 533-547.

SCHACHAR, R., & LOGAN, G. D. (1990). Impulsivity and inhibitory control in normal development and childhood psychopathology. Developmental Psychology, 26, 710-720.

SCHMITT, C. S. (1995). Children's errors in spelling and reading decoding : their relationship to each other and to sequential and simultaneous processing. Dissertation Abstracts International Section A : Humanities and Social Sciences, 55 (11A), 3457.

SERGEANT, J. A., OOSTERLAAN, J., & VAN DER MEERE, J. (1999). Information processing and energetic factors in attention-deficit/hyperactivity disorder. In H. C. QUAY, & A. HOGAN (Eds). Handbook of disruptive behavior disorders. New York : Kluwer Academic/Plenum (pp. 75-104).

SHALLICE, T. (1982). Specific impairments of planning. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, London, 298, 199-209.

SHALLICE, T. (1988). From neuropsychology to mental structure. Cambridge : Cambridge University Press.

SHAW, G. A., & GIAMBRA, L. (1993). Task-unrelated thoughts of college students diagnosed as hyperactive in childhood. Developmental Neuropsychology, 9, 17-30.

SHILLING, V. M., CHETWYND, A., & RABBITT, P. M. A. (2002). Individual inconsistency across measures of inhibition : An investigation of the construct validity of inhibition in older adults. Neuropsychologia, 40, 605-619.

SHIMIZU, M. (1999). Features of mental processing spastic diplegia. Japanese Journal of Special Education, 37 (3), 61-67.

SIBERTIN-BLANC, D., HASCOET, J. M., & TCHENIO, D. (2001). Regards croisés et divergents des professionnels sur les bébés nés « très grands prématurés ». Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 49, 449-460.

SIBERTIN-BLANC, D., TCHENIO, D., & VERT, P. (2002). Naître « très-grand-prématuré », et après ? Psychiatrie de l'enfant, XLV (2), 437-482.

SIEGEL, L. S. (1982). Reproductive, perinatal, and environmental factors as predictors of the cognitive and language development of preterm and full-term infants. Child Development, 53, 963-973.

SIEGEL, L. S. (1989). IQ is irrelevant to the definition of learning disabilities. Journal of Learning Disabilities, 22, 469-478.

SIEROFF, E. (2003). Inhibition en neuropsychologie. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.37-59).

SIGMAN, M., BECKWITH, C., COHEN, S., & PARMELEE, A. (1989). Stability in the biosocial development of the child born preterm. In M. BORNSTEIN, & N. KRASNEGOR (Eds). Stability and continuity in mental development. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates Inc. (pp. 29-41).

SIMON, H. A. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. Cognitive Psychology, 7, 268-288.

SIMPSON, G. B., & KANG, H. (1994). Inhibitory processes in the recognition of homograph meanings. In D. DAGENBACH, & T. H. CARR (Eds). Inhibitory processes in attention, memory, and language. San Diego, CA : Academic Press (359-381).

SIMPSON, J. L. (1993). Are physical activity and employment related to preterm birth and low birth weight ? American Journal of Obstetrics and Gynaecology, 168, 1231-1238.

SIZUN, J., LE POMMELET, C., LEMOINE, M. L., CAUVIN, J.-M., SPARFEL, O., LOUARN, O., CORNEC, G., & DE PARSCAU, L. (1998). Pronostic neuro-intellectuel à l'âge scolaire de 62 enfants nés à un âge gestationnel inférieur à 32 semaines. Archives de Pédiatrie, 5, 139-144.

SKRANES, J. S., VIK, T., NILSEN, G., SMEVIK, O., ANDERSSON, H. W., & BRUBAKK, A. M. (1997). Cerebral magnetic resonance imaging and mental and motor function of very low birth weight children at six years of age. Neuropediatrics, 28, 149-154.

SMITH, L., ULVUND, S. E., & LINDEMANN, R. (1994). Very low birth weight infants (<1501 g) at double risk. Developmental and Behavioral Pediatrics, 15 (1), 7-13.

SOMMERFELT, K., ELLERTSEN, B., & MARKESTAD, T. (1993). Personality and behavior in eight-year-old non-handicapped children with birth weight under 1500 g. Acta Paediatrica, 82, 723-728.

SOMMERS, M. S., & DANIELSON, S. M. (1999). Inhibitory processes and spoken word recognition in young and older adults : The interaction of lexical competition and semantic context. Psychology and Aging, 14, 458-472.

SQUIRE, L. R. (1992). Memory and the hippocampus : a synthesis from findings with rats, monkeys and humans. Psychological Review, 99, 195-231.

STERNBERG, R. J. (1984). The Kaufman Assessment Battery for Children : an information-processing analysis and critique. The journal of special education, 18 (3), 269-279.

STEVENSON, D. K., VERTER, J., FANAROFF, A. A., OH, W., EHRENKRANZ, R. A., SHANKARAN, S., DONOVAN, E. F., WRIGHT, L. L., LEMONS, J. A., TYSON, J. E., KORONES, S. B., BAUER, C. R., STOLL, B. J., & PAPILE, L.-A. (2000). Sex differences in outcomes of very low birthweight infants: the newborn male disadvantage. Archives of Disease in Chilhood. Fetal and Neonatal Edition, 83, 182-185.

STEWART, A. L., REYNOLDS, E. O., HOPE, P. L., HAMILTON, P. A., BAUDIN, J., COSTELLO, A. M., BRADFORD, B. C., & WYATT, J. S. (1987). Probability of neurodevelopmental disorders estimated from ultrasound appearance of brains of very preterm infants. Developmental Medicine and Child Neurology, 29, 3-11.

STEWART, A. L., RIFKIN, L., AMESS, P. M., KIRKBRIDE, V., TOWNSEND, J. P., MILLER, D. H., LEWIS, S. W., KINGSLEY, D. P. E., MOSELEY, I. F., FOSTER, O., & MURRAY, R. M. (1999). Brain structure and neurocognitive and behavioural function in adolescents who were born very preterm. Lancet, 353, 1653-1657.

STEWART, J. A., & TANNOCK, R. (1999). Inhibitory control differences following mild head injury. Brain and Cognition, 41 (3), 411-416.

STJERNQVIST, K. (1992). Extremely low birth weight infants, development, behavior, and impact on the family. University of Lund.

STJERNQVIST, K., & SVENNINGSEN, N. W. (1995). Extremely low-birth-weight infants less than 901 g: Development and behaviour after 4 years of life. Acta Paediatrica, 84, 500-506.

STJERNQVIST, K., & SVENNINGSEN, N.W. (1999). Ten-year follow-uo of children born before 29 gestational weeks : health, cognitive development, behaviour and school achievement. Acta paediatrica, 88, 557-562.

STOLTZFUS, E. R., HASHER, L., & ZACKS, R. T. (1996). Working memory and aging : Current status of the inhibitory view. In J. T. E. RICHARDSON, R. W. ENGLE, L. HASHER, E. R. STOLTZFUS, & R. T. ZACKS (Eds). Working memory and human cognition. New York : Oxford University Press.

STOTT, D. H., MOYES, F. A., & HENDERSON, S. E. (1984). Henderson revision of the Stott-Moyes-Henderson test of motor impairment. Ontario : Brook Educational Publishing Ltd.

STROOP, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of Experimental Psychology, 18 (6), 643-662.

SYKES, D. H., HOY, E. A., BILL, J. M., HALLIDAY, H. L., McCLURE, B. G., & REID, M. M. (1997). Behavioural adjustment in school of very low birthweight children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38, 315-326.

SYSSAU, A., BENTABET, M., BROUILLET, D., & PELISSIER, J. (2001). Effet du traumatisme crânien sur les fonctions de contrôle et de suppression des processus d'inhibition. Revue de Neurologie, 157 (3), 318-320.

SZATMARI, P., SAIGAL, S., ROSENBAUM, P., CAMPBELL, D., & KING, S. (1990). Psychiatric disorders at five years among children with birthweights less than 1000 g: A regional perspective. Developmental Medicine and Child Neurology, 32, 954-92.

SZATMARI, P., SAIGAL, S., ROSENBAUM, P., & al. (1993). Psychopathology and adaptative functioning among extremely low birthweight children at eight years of age. Development and Psychopathology, 5, 345-357.

TAKASHIMA, S., IIDA, K., & DEGUCHI, K. (1995). Periventricular leukomalacia, glial development and myelinisation. Early Human Development, 43, 177-184.

TALLAL, P., & PIERCY, M. (1973). Developmental aphasia : Impaired rate of nonverbal processing as a function of sensory modality. Neuropsychologia, 11, 389-398.

TALLAL, P., & PIERCY, M. (1974). Developmental aphasia : Rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. Neuropsychologia, 12, 83-93.

TAYLOR, D. C. (1969). Differential rates of cerebral maturation between sexes and between hemispheres. Lancet, 2, 140-142.

TAYLOR, D. J., NELSON, J., & HOWIE, P. W. (1993). Neurodevelopmental disability – A sibling-control study. Developmental Medicine and Child Neurology, 35, 957-964.

TAYLOR, H. G., BURANT, C. J., HOLDING, P. A., KLEIN, N., & HACK, M. (2002). Sources of variability in sequelae of very low birth weight. Neuropsychol Dev Cogn Sect C Child Neuropsychol, 8, 163-178.

TAYLOR, H. G., HACK, M., & KLEIN, N. (1998). Attention deficits in children with <750 gm birth weight. Child Neuropsychology, 4, 21-34.

TAYLOR, H. G., HACK, M., KLEIN, N., & SCHATSCHNEIDER, C. (1995). Achievement in children with birth weights less than 750 grams with normal cognitive abilities. Journal of Pediatric Psychology, 20, 703-719.

TAYLOR, H. G., KLEIN, N., MINICH, N. M., & HACK, M. (2000). Middle-school-age outcomes in children with very low birthweight. Child Development, 71 (6), 1495-1511.

TAYLOR, H. G., KLEIN, N., SCHATSCHNEIDER, C., & HACK, M. (1998). Predictors of early school age outcomes in very low birth weight children. Developmental and Behavioral Pediatrics, 19 (4), 235-243.

TAYLOR, H. G., MINICH, N. M., KLEIN, N., & HACK, M. (2004). Longitudinal outcomes of very low birth weight : Neuropsychological findings. Journal of the International Neuropsychological Society, 10, 149-163.

TAZOUTI, Y. (2002). Education familiale et performances scolaires des enfants de milieu populaire. Thèse de doctorat de Psychologie. Université Nancy 2. Non publiée.

TCHENIO, D. (1998). Les enfants de la grande prématurité. Que sont-ils devenus ? Thèse de Médecine spécialisée. Université Henri Poincaré Nancy 1. Non publiée.

TEPLIN, S. W., BURCHINAL, M., JOHNSON-MARTIN, N., HUMPHRY, R. A., & KRAYBILL, E. N. (1991). Neurodevelopmental, health, and growth status at age 6 years of children with birth weights less than 1001 grams. The Journal of Pediatrics, 118, 768-777.

TESTU, F. (1984). Rythmicité scolaire, nature de la tâche, dépendance et indépendance à l'égard du champ. L'Année Psychologique, 84, 507-523.

TESTU, F. (1986). Diurnal variations of performances and information processing. Chronobiologia, 13 (4), 319-328.

TIPPER, S. P. (1985). The negative priming effect : inhibitory priming by ignored objects. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 37A, 571-590.

TIPPER, S. P., & BAYLIS, G. C. (1987). Individual differences in selective attention : The relation of priming and interference to cognitive failure. Personality and Individual Differences, 8, 667-675.

TIPPER, S. P., & CRANSTON, M. (1985). Selective attention and priming : Inhibitory and facilitory effects of ignored primes. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 37A, 591-611.

TIPPER, S. P., MacQUEEN, G. M., & BREHAUT, J. C. (1988). Negative priming between response modalities : Evidence for the central locus of inhibition in selective attention. Perception and Psychophysics, 43, 45-52.

TIPPER, S. P., BOURQUE, T. A., ANDERSON, S. H., & BREHAUT, J. C. (1989). Mechanisms of attention : A developmental study. Journal of Experimental Child Psychology, 48, 353-378.

TOGNOLI, E., & TONIOLO, A. -M. (2003). L'attention chez l'enfant : Mesure capacitaire ou mesures processuelles ? Psychologie et Psychométrie, 24 (2-3), 141-170.

TREMBLAY, P.-G., & THOMAS, J. (1992). Attention et hyperactivité : déséquilibre neurocognitif et impact affectif. A.N.A.E., 2, 62-66.

TUHOLSKI, S. W., ENGLE, R. W., & BAYLIS, G. C. (2001). Individual differences in working memory capacity and enumeration. Memory and Cognition, 29, 484-492.

TZELGOV, J., HENIK, A., & BERGER, J. (1992). Controlling Stroop effects by manipulating expectations for color words. Memory and Cognition, 20, 727-735.

VALVANO, J., & DeGANGI, G. A. (1986). Atypical posture and movement findings in high risk preterm infants. Physical and Occupational Therapy in Pediatrics, 6, 71-81.

VAN DER LINDEN, M., BEERTEN, A., & PESENTI, M. (1998). Age-related differences in random generation. Brain and Cognition, 38, 1-16.

VAN DER LINDEN, M., BREDART, S., & BEERTEN, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. British Journal of Psychology, 85, 145-152.

VAN DER LINDEN, M., BRUYER, R., ROLAND, J., & SCHILS, J. P. (1993). Proactive interference in patients with amnesia resulting from anterior communicating artery aneurism. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 15, 525-536.

VAN DER LINDEN, M., MEULEMANS, T., SERON, X., COYETTE, F., ANDRES, P., & PRAIRIAL, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. SERON & M. VAN DER LINDEN (Eds). Traité de neuropsychologie clinique. Tome I. Marseille : Solal (pp. 275-300).

VAN DER MOLEN, M. W. (2000). Developmental changes in inhibitory processing : Evidence from psychophysiological measures. Biological Psychology, 54, 207-239.

VARGHA-KHADEM, F., GADIAN, D. G., WATKINS, K. E., CONNELLY, A., VAN PAESSCHEN, W., & MISHKIN, M. (1997). Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. Science, 277, 376-380.

VERHAEGEN, P., & DE MEERSMAN, L. (1998). Aging and the Stroop : A meta-analysis. Psychology and Aging, 13, 120-126.

VOHR, B. R., & GARCIA COLL, C. T. (1985). Neurodevelopmental and School Performance of Very Low-Birth-Weight Infants : A Seven-Year Longitudinal Study. Pediatrics, 76 (3), 345-350.

VOHR, B. R., GARCIA COLL, C., MAYFIELD, S., BRANN, B., SHAUL, P., & OH, W. (1989). Neurologic and developmental status related to the evolution of visual-motor abnormalities from birth to 2 years of age in preterm infants with intraventricular hemorrhage. Journal of Pediatrics, 115, 296-302.

VOHR, B. R., & MSALL, M. E. (1997). Neuropsychological and functional outcomes of very low birth weight infants. Seminars in Perinatalogy, 21 (3), 202-220.

VOL, S., BILLARD, C., GILLET, P., GALLOUX, A., POINTEAU, S., PIERRE, C., EL HASNAOUI, A., & TICHET, J. (Octobre 2000). B.R.E.V. : une batterie clinique d'évaluation du déficit cognitif de l'enfant. 11° Colloque des Centres d'Examens de Santé- Nancy.

VOLLMER, B., ROTH, S., BAUDIN, J., STEWART, A. L., NEVILLE, B. G. R., & WYATT, J. S. (2003). Predictors of long-term outcome in very preterm infants : gestational age versus neonatal cranial ultrasound. Pediatrics, 112 (5), 1108-1114.

VOM HOFE, A. (1998). Introduction. Valeur et limites du concept d'inhibition cognitive dans le renouvellement des cadres théoriques et des instruments de mesure en psychologie. Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 48 (1), 3-4.

VOM HOFE, A. (2003). Inhibition cognitive et cognition quotidienne. In S. MOUTIER (Ed.). Inhibition neurale et cognitive. Hermes Science. Paris : Lavoisier (pp.167-186).

VOM HOFE, A., MAINEMARRE, G., & VANNIER, L. -C. (1998). Sensitivity to everyday failures and cognitive inhibition : are they related ? European Review of Applied Psychology, 48 (1), 49-55.

WALLACE, I. F., ROSE, S. A., McCARTON, C. M., KURTZBERG, D., & VAUGHAN, H. G. (1995). Relations between infant neurobehavioral performance and cognitive outcome in very low birth weight preterm infants. Developmental and Behavioral Pediatrics, 16 (5), 309-317.

WALTHER, F. J. (1988). Growth and development of term disproportionate small-for-gestational age infants at the age of 7 years. Early Human Development, 18, 1-11.

WECHSLER, D. (1995). WPPSI-R. Manuel. Echelle d'Intelligence de Wechsler pour la période Préscolaire et Primaire. Forme révisée. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

WEGNER, D. M. (1989). White bears and other unwanted thoughts : Suppression, obsession, and the psychology of mental control. New York : Viking.

WEISGLAS-KUPERUS, N., BAERTS, W., SMRKOVSKY, M., & SAUER, P. J. J. (1993). Effects of biological and social factors on the cognitive development of very low birth weight children. Pediatrics, 92, 658-665.

WELFORD, A. T. (1958). Aging and human skill. London : Oxford University Press.

WHITAKER, A. H., VAN ROSSEM, R., FELDMAN, J. F., SCHONFELD, I. S., PINTO-MARTIN, J. A., TORRE, C., SHAFFER, D., & PANETH, N. (1997). Psychiatric Outcomes in Low-Birth-Weight Children at Age 6 Years: Relation to Neonatal Cranial Ultrasound Abnormalities. Archives of General Psychiatry, 54, 847-856.

WHITFIELD, M. F., ECKSTEIN GRUNAU, R. V., & HOLSTI, L. (1997). Extremely premature (< 800 g) schoolchildren : multiple area of hidden disability. Archives of Disease in Childhood, 77, 85-90.

WILLATTS, P., HALL, S., FORSYTH, S., NELSON, J., & TAYLOR, D. (1994). The influence of low birth weight on cognitive and executive function at six years. Infant behavior and development. Special issue ICIS, p. 297.

WILLIAMS, B. R., PONESSE, J., SCHACHAR , R. J., LOGAN, G. D., & TANNOCK, R. (1999). Development of inhibitory control across the life span. Developmental Psychology, 35, 205-213.

WILLIAMS, R. H., & ZIMMERMAN, D. W. (1996). Are simple gain scores obsolete ? Applied Psychological Measurement, 20,59-69.

WILSON, S. P., & KIPP, K. (1998). The development of efficient inhibition : Evidence from directed forgetting tasks. Developmental Review, 18, 86-123.

WINOCUR, G., MOSCOVITCH, M., & BRUNI, J. (1996). Heightened interference on implicit, but not explicit, tests of negative transfer : evidence from patients with unilateral temporal lobe lesions and normal old people. Brain and Cognition, 30, 44-58.

WITKIN, H. A., & GOODENOUGH, D. R. (1981). Cognitive styles : Essence and origins. New York : International Universities Press.

WOLKE, D. (1998). Psychological development of prematurely born children. Archives of Disease in Chilhood, 78, 567-570.

WOLKE, D., & MEYER, R. (1994). Psychologische Langzeitbefunde bei sehr Frühgeborenen. Perinatalmedizin, 6, 121-123.

WOLKE, D., & MEYER, R. (1999). Cognitive status, language attainment, and prereading skills of 6-year-old very preterm children and their peers : the Bavarian Longitudinal Study. Developmental Medicine and Child Neurology, 41, 94-109.

WOLKE, D., SAMARA, M., BRACEWELL, M., & MARLOW N., for the EPICure Study Group (2004). Cognitive abilities and school achievement in a whole population sample of children born <= 25 weeks gestation. Journées de Néonatologie, Paris.

YLIHERVA, A., OLSEN, P., MAKI-TORKKO, E., KOIRANEN, M., & JARVELIN, M.-R. (2001). Linguistic and motor abilities of low-birthweight children as assessed by parents and teachers at 8 years of age. Acta Paediatrica, 90, 1440-1449.

YNTEMA, D. B. (1963). Keeping track of several things at once. Human Factors, 5, 7-17.

YUDKIN, P. L., ABOUALFA, M., EYRE, J. A., REDMAN, C. W., & WILKINSON, A. R. (1987). New birthweight and head circumference centiles for gestational ages 24 to 42. Early Human Development, 15 (1), 45-52.

ZACKS, R. T., & HASHER, L. (1994). Directed ignoring : inhibitory regulation of working memory. In D. DAGENBACH, & T. H. CARR (Eds). Inhibitory mechanisms in attention, memory and language. San Diego : Academic Press (pp. 241-264).

ZACKS, R. T., RADVANSKY, G. A., & HASHER, L. (1996). Studies of directed forgetting in adult adults. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 22, 143-156.

ZELAZO, P. D., & FRYE, D. (1999). Cognitive complexity and control : II. The development of executive function in childhood. Current Directions in Psychological Sciences, 7, 121-126.

ZELKOWITZ, P., PAPAGEORGIOU, A., ZELAZO, P. R., & WEISS, M. J. S. (1995). Behavioral adjustment in very low and normal birth weight children. Journal of Clinical Child Psychology, 24, 21-30.

ZOLA, S. M., SQUIRE, L. R., TENG, E., STEFANACCI, L., BUFFALO, E. A., & CLARK, R. E. (2000). Impaired recognition memory in monkeys after damage limited to the hippocampal region. Journal of Neuroscience, 20, 451-463.

ZUAZO, E., GARAIZAR, C., & PRATS, J. -M. (1999). Populations at risk : could they be recognized by a simple neurologically-based test ? A.N.A.E., 52, 59-63.

ZUBRICK, Z. R., MACARTNEY, H., & STANLEY, F. J. (1988). Hidden handicap in school-age children who received neonatal intensive care. Developmental Medicine and Child Neurology, 30, 145-152.

Index des figures

Figure 6.1 : Modèle théorique de base « à trois facteurs corrélés » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires 253

Figure 6.2 : Modèle « à un facteur unique d'inhibition » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires 255

Figure 6.3 : Modèle « à deux facteurs corrélés » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires 256

Figure 6.4 : Modèle « à trois facteurs indépendants » utilisé pour les analyses factorielles confirmatoires 257

Figure 6.5 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à la Tour de Londres 260

Figure 6.6 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers 261

Figure 6.7 : Modèle théorique développé pour préciser les rôles respectifs des fonctions inhibitrices dans les performances des enfants dans les tâches de fluence verbale catégorielle et phonologique 262

Figure 6.8 : Résultats des analyses factorielles confirmatoires : modèle « à trois facteurs corrélés » 276

Figure 6.9 : Résultats des analyses factorielles confirmatoires : modèle « à deux facteurs corrélés »279

Figure 6.10 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant la seule influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'épreuve d'empan à l'envers 283

Figure 6.11 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction sur les performances des enfants à l'épreuve de fluence catégorielle286

Figure 6.12 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions d'Accès et de Restriction sur les performances des enfants à l'épreuve de fluence phonologique 288

Figure 6.13 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Restriction sur le nombre de modèles réussis au premier essai à la Tour de Londres 291

Figure 6.14 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence des fonctions de Nettoyage et de Restriction sur le nombre d'essais total requis par les enfants à la Tour de Londres..... 293

Figure 6.15 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'échelle Séquentielle du K-ABC..... 297
Figure 6.16 : Résultats des analyses réalisées sur la base du modèle postulant l'influence de la fonction de Nettoyage sur les performances des enfants à l'échelle Simultanée du K-ABC 300

Index des tableaux

Tableau 2.1 : Fonctions attribuées à l'inhibition, processus inhibiteurs associés à ces fonctions et principaux paradigmes utilisés pour les évaluer 99
Tableau 4.1 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance 159
Tableau 4.2 : Fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère, en fonction du statut à la naissance 161
Tableau 4.3 : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère 161
Tableau 4.4 : Scores (moyenne ± écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance 163
Tableau 4.5 : Tests de normalité des distributions des scores aux échelles globales du K-ABC dans les différents groupes d'enfants 164
Tableau 4.6 : Tests d'homogénéité des variances des scores aux échelles globales du K-ABC dans les différents groupes d'enfants 165
Tableau 4.7 : Analyse de la variance 166
Tableau 4.8 : Comparaisons multiples *a posteriori* 167
Tableau 4.9 : Coefficient de détermination multiple R2 171
Tableau 4.10 : Test de l'hypothèse nulle selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble 171
Tableau 4.11 : Tests des contributions marginales des variables explicatives 172
Tableau 4.12.a : Scores (moyenne ± écart-type) des enfants aux subtests des Processus Mentaux du K-ABC, en fonction du statut à la naissance 176
Tableau 4.12.b : Scores (moyenne ± écart-type) des enfants aux subtests de Connaissances du K-ABC, en fonction du statut à la naissance 176
Tableau 4.13 : Performances (médiane ; premier et troisième quartiles) des enfants aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis 178
Tableau 4.14.a : Performances aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Mann-Whitney 179
Tableau 4.14.b : Performances aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Mann-Whitney 179
Tableau 5.1 : Description de l'échantillon considéré pour les comparaisons des performances des enfants nés à terme *vs* prématurés 200

Tableau 5.2 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance, toutes classes d'âge confondues 201
Tableau 5.3 : Age moyen (en mois) auquel les enfants ont été évalués, selon la classe et le statut à la naissance 201
Tableau 5.4.a : Fréquences relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle, selon la classe et en fonction du statut à la naissance 203
Tableau 5.4.b : Fréquences relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle, selon la classe et en fonction du statut à la naissance, après regroupement des niveaux d'études Bac et > Bac et des enfants nés grands prématurés et très grands prématurés 204
Tableau 5.5.a : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CE2 pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle... 204
Tableau 5.5.b : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CM1 pour les variables Sexe, Grossesse Multiple, Niveau d'Etudes de la Mère et Langue Maternelle 205
Tableau 5.5.c : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants élèves de CM2 pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple et Niveau d'Etudes de la Mère 205
Tableau 5.6.a : Scores (moyenne et écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance, pour chacune des classes d'âge 207
Tableau 5.6.b : Scores aux échelles globales du K-ABC (moyenne ± écart-type) en fonction du statut à la naissance, toutes classes d'âge confondues 207
Tableau 5.7 : Performances des trois groupes d'enfants aux échelles du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis 209
Tableau 5.8 : Performances aux échelles du K-ABC des élèves de CE2, CM1 et CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney 210
Tableau 5.9 : Scores (moyenne ± écart-type) aux subtests du K-ABC en fonction du statut à la naissance, pour chacune des classes d'âge 216
Tableau 5.10 : Performances des enfants aux subtests du K-ABC : comparaison par le test de Kruskal-Wallis 217
Tableau 5.11.a : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CE2 : comparaison par le test de Mann-Whitney 218
Tableau 5.11.b : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CM1 : comparaison par le test de Mann-Whitney 219

Tableau 5.11.c : Performances aux subtests du K-ABC des élèves de CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney 219
Tableau 5.12 : Scores bruts (moyenne et écart-type) des enfants aux épreuves d'inhibition, en fonction du statut à la naissance et pour chacune des classes d'âge 222
Tableau 5.13 : Performances des enfants aux épreuves d'inhibition : comparaison par le test de Kruskal-Wallis 223
Tableau 5.14.a : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CE2 : comparaison par le test de Mann-Whitney 225
Tableau 5.14.b : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CM1 : comparaison par le test de Mann-Whitney 226
Tableau 5.14.c : Performances aux épreuves d'inhibition des élèves de CM2 : comparaison par le test de Mann-Whitney 226
Tableau 5.15 : Variables ayant une influence – significative ou tendant vers la significativité - sur les performances des enfants aux épreuves d' « inhibition », chez les élèves de CE2 et chez ceux de CM2 230
Tableau 5.16 : Saturations des variables par les deux premiers facteurs issus de l'ACP réalisée sur les scores des 147 enfants avec données valides aux épreuves d'inhibition 233
Tableau 5.17 : Saturations des variables par l'unique facteur issu de l'ACP réalisée sur les scores de l'ensemble des enfants à cinq épreuves d'inhibition 234
Tableau 5.18 : Scores factoriels (moyennes et écart-types) des différents groupes d'enfants établis d'après le statut à la naissance, pour chacune des trois classes considérées puis toutes classes confondues 235
Tableau 5.19 : Analyse de variance pour les trois classes confondues 236
Tableau 5.20 : Comparaisons *a posteriori* pour les trois classes confondues 236
Tableau 5.21 : Analyse de variance pour les trois classes d'âge considérées séparément 237
Tableau 5.22 : Comparaions *a posteriori* pour les trois classes d'âge considérées séparément 238
Tableau 6.1 : Statistiques descriptives relatives aux variables manifestes considérées dans les analyses factorielles confirmatoires et les modèles d'équations structurales 274
Tableau 6.2 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour les analyses factorielles confirmatoires 277
Tableau 6.3 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve d'empan à l'envers 281

Tableau 6.4 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de fluence verbale catégorielle 284

Tableau 6.5 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de fluence verbale phonologique 287

Tableau 6.6 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres (VD : nombre de modèles réussis au premier essai)..... 290

Tableau 6.7 : Indicateurs d'adéquation des différents modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans l'épreuve de la Tour de Londres (VD : nombre total d'essais pour reproduire les douze modèles)..... 292

Tableau 6.8 : Indicateurs d'adéquation des modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances à l'échelle Séquentielle du K-ABC 296

Tableau 6.9 : Indicateurs d'adéquation des modèles développés pour déterminer les contributions relatives des trois fonctions inhibitrices dans les performances à l'échelle Simultanée du K-ABC 299

Tableau 6.10 : Age gestationnel et poids à la naissance en fonction du statut à la naissance 302

Tableau 6.11 : Fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités des variables : Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Bilinguisme et Niveau d'Etudes de la Mère, en fonction du statut à la naissance 303

Tableau 6.12 : Tests d'homogénéité des différents groupes d'enfants pour les variables Sexe, Hypotrophie, Grossesse Multiple, Bilinguisme et Niveau d'Etudes de la Mère..... 304

Tableau 6.13 : Notes standardisées (moyenne ± écart-type) aux échelles globales du K-ABC en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; ddl ; signification).. 304

Tableau 6.14.a : Scores bruts (moyenne ± écart-type) aux épreuves d'inhibition en fonction du statut à la naissance 306

Tableau 6.14.b : Scores bruts (médiane ; 1er et 3^{e} quartiles) aux épreuves d'inhibition en fonction du statut à la naissance et résultats du test de Kruskal Wallis (χ2 ; ddl ; signification)..... 307

Tableau 6.15.a : Scores bruts (moyenne ± écart-type) aux épreuves exécutives en fonction du statut à la naissance 309

Tableau 6.15.b : Scores bruts (médiane ; 1er et 3^{e} quartiles) aux épreuves exécutives en fonction du statut à la naissance et résultats du test de Kruskal Wallis (χ2 ; ddl ; signification)..... 309

Tableau 6.16 : Scores d'efficience (moyenne ± écart-type) sur les fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; ddl ; signification), chez les enfants rencontrés pour notre troisième étude 312
Tableau 6.17 : Scores d'efficience (moyenne ± écart-type) sur les fonctions inhibitrices d'Accès, de Nettoyage et de Restriction en fonction du statut à la naissance et résultats de l'analyse de variance (F ; signification), chez les enfants rencontrés pour notre seconde étude..... 315

Annexes

ANNEXES CHAPITRE 4

Annexe IV.1 : Analyses descriptives des variables Situation Maritale, Tabagisme et Bilinguisme

Tableau IV.1 : Fréquences (en effectif absolu et en pourcentage valide) relatives aux différentes modalités des variables Situation Maritale, Tabagisme et Bilinguisme, dans les différents groupes d'enfants distingués en fonction du statut à la naissance

		Nés à terme (≥ 37 SA)		Prématurés légers (33-36 SA)		Grands prématurés (28-32 SA)		Très grands prématurés (23-27 SA)	
	N	36		49		130		36	
		Effectif	Pourcent. valide	Effectif	Pourcent. valide	Effectif	Pourcent. valide	Effectif	Pourcent. valide
SITUATION MARITALE	Seule	4	11,4%	6	13,0%	16	13,0%	4	11,4%
	En couple	31	88,6%	40	87,0%	107	87,0%	31	88,6%
	Manquante	1		3		7		1	
TABAGISME	Non	24	72,7%	26	57,8%	89	73,6%	24	72,7%
	Oui	9	27,3%	19	42,2%	32	26,4%	9	27,3%
	Manquante	3		4		9		3	
BILINGUISME	Non	33	91,7%	46	93,9%	115	89,8%	33	91,7%
	Oui	3	8,3%	3	6,1%	13	10,2%	3	8,3%
	Manquante	0		0		2		0	

Annexes IV.2 : Principales variables influençant les scores des enfants aux échelles Séquentielle, Simultanée et des Connaissances du K-ABC : analyses de régression multiple

Tableau IV.2.a : Coefficient de détermination multiple R2 pour la variable dépendante Séquentiel

R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
,308	**,095**	,075	14,19

Tableau IV.2.b : Test de l'hypothèse nulle selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble pour la variable dépendante Séquentiel

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
Régression	4678,822	5	935,764	4,644	**,000**
Résidu	44527,830	221	201,483		
Total	49206,652	226			

Tableau annexe IV.2.c : Test des contributions marginales des variables explicatives pour la variable dépendante Séquentiel

	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
Modèle	**B**	**Erreur standard**	**Bêta**	**T**	**Signification**
(constante)	108,679	5,032		21,599	,000
Statut	-3,394	1,051	-,208	-3,230	**,001**
Sexe	-4,157	1,907	-,141	-2,180	**,030**
Hypotrophie	-2,359	2,528	-,060	-,933	,352
Grossesse Multiple	-3,062	2,207	-,090	-1,388	,167
Niveau d'études de la mère	2,611	1,059	,159	2,466	**,014**

Tableau IV.3.a : Coefficient de détermination multiple R2 pour la variable dépendante Simultané

R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
,461	**,212**	,195	16,49

Tableau IV.3.b : Test de l'hypothèse nulle selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble pour la variable dépendante Simultané

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
Régression	16566,765	5	3313,353	12,184	**,000**
Résidu	61458,541	226	271,940		
Total	78025,306	231			

Tableau annexe IV.3.c : Test des contributions marginales des variables explicatives pour la variable dépendante Simultané

	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
Modèle	**B**	**Erreur standard**	**Bêta**	**T**	**Signification**
(constante)	117,968	5,778		20,416	,000
Statut	-6,862	1,208	-,338	-5,681	**,000**
Sexe	-3,921	2,191	-,107	-1,790	*,075*
Hypotrophie	-3,591	2,903	-,074	-1,237	,217
Grossesse Multiple	-4,016	2,524	-,095	-1,591	,113
Niveau d'études de la mère	5,589	1,218	,273	4,590	**,000**

Tableau IV.4.a : Coefficient de détermination multiple R2 pour la variable dépendante Connaissances

R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
,474	,224	,207	14,08

Tableau IV.4.b : Test de l'hypothèse nulle selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble (pour la variable dépendante Connaissances)

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
Régression	12835,161	5	2567,032	12,954	,000
Résidu	44387,713	224	198,159		
Total	57222,874	229			

Tableau IV.4.c : Test des contributions marginales des variables explicatives pour la variable dépendante Connaissances

	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
Modèle	**B**	**Erreur standard**	**Bêta**	**T**	**Signification**
(constante)	103,480	4,940		20,946	,000
Statut	-4,256	1,038	-,243	-4,102	,000
Sexe	-1,935	1,876	-,061	-1,031	,304
Hypotrophie	-1,039	2,454	-,025	-,423	,672
Grossesse Multiple	-4,861	2,174	-,133	-2,236	,026
Niveau d'études de la mère	6,637	1,044	,378	6,360	,000

Annexes IV.3 : Conditions d'application de l'analyse de variance relative aux performances des différents groupes d'enfants aux subtests du K-ABC

Tableau IV.5 : Tests de normalité des distributions pour les subtests du K-ABC, dans les différents groupes d'enfants

		Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	CATEGAG	Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Mouvements de Main	Nés à terme	,189	35	,003	,940	35	**,080**
	Prématurés légers	,165	47	,003	,955	47	**,115**
	Grands prématurés	,113	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,149	35	,048	,965	35	**,443**
Reconnaissance de Formes	Nés à terme	,134	35	,112	,964	35	**,424**
	Prématurés légers	,188	47	,000	,943	47	**,040**
	Grands prématurés	,114	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,098	35	,200(*)	,973	35	**,613**
Mémoire des Chiffres	Nés à terme	,124	35	,194	,974	35	**,629**
	Prématurés légers	,088	47	,200(*)	,961	47	**,232**
	Grands prématurés	,138	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,253	35	,000	,868	35	**,010(**)**
Triangles	Nés à terme	,150	35	,045	,949	35	**,172**
	Prématurés légers	,100	47	,200(*)	,972	47	**,451**
	Grands prématurés	,114	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,158	35	,027	,910	35	**,010**
Suites de Mots	Nés à terme	,129	35	,148	,947	35	**,153**
	Prématurés légers	,149	47	,010	,963	47	**,277**
	Grands prématurés	,147	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,133	35	,122	,933	35	**,049**
Matrices Analogiques	Nés à terme	,220	35	,000	,837	35	**,010(**)**
	Prématurés légers	,185	47	,000	,875	47	**,010(**)**
	Grands prématurés	,150	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,164	35	,018	,881	35	**,010(**)**
Mémoire Spatiale	Nés à terme	,133	35	,122	,970	35	**,537**
	Prématurés légers	,149	47	,011	,927	47	**,010(**)**
	Grands prématurés	,137	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,148	35	,050	,937	35	**,064**
Pers. et Lieux Connus	Nés à terme	,171	35	,011	,915	35	**,015**
	Prématurés légers	,142	47	,018	,947	47	**,053**
	Grands prématurés	,105	124	**,002**			
	Très grands prématurés	,147	35	,054	,949	35	**,177**

Arithmétique	Nés à terme	,086	35	,200(*)	,984	35	**,903**
	Prématurés légers	,104	47	,200(*)	,960	47	**,228**
	Grands prématurés	,063	124	**,200(*)**			
	Très grands prématurés	,154	35	,035	,954	35	**,263**
Devinettes	Nés à terme	,100	35	,200(*)	,976	35	**,700**
	Prématurés légers	,079	47	,200(*)	,978	47	**,628**
	Grands prématurés	,116	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,100	35	,200(*)	,976	35	**,696**
Lecture et Déchiffrement	Nés à terme	,233	35	,000	,851	35	**,010(**)**
	Prématurés légers	,152	47	,008	,883	47	**,010(**)**
	Grands prématurés	,228	124	**,000**			
	Très grands prématurés	,235	35	,000	,762	35	**,010(**)**

Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

****Il s'agit d'une borne supérieure de la signification réelle.***

a Correction de signification de Lilliefors

Tableau IV.6 : Tests d'homogénéité des variances des scores dans les différents groupes pour les subtests du K-ABC

	Statistique de Levene	Ddl1=	ddl2	Signification
Mouvements de Main	,506	3	245	,678
Reconnaissance de Formes	,071	3	246	,975
Mémoire des Chiffres	4,473	3	243	**,004**
Triangles	,730	3	246	,535
Suites de Mots	1,220	3	245	,303
Matrices Analogiques	,682	3	246	,564
Mémoire Spatiale	,077	3	244	,972
Personnages et Lieux Connus	,098	3	246	,961
Arithmétique	,106	3	245	,957
Devinettes	2,413	3	243	*,067*
Lecture et Déchiffrement	7,080	3	244	**,000**

ANNEXES CHAPITRE 5

Annexe V.1 : Lettre de présentation de l'étude

Annexe V.2 : Questionnaire aux parents

MATERNITE REGIONALE A. PINARD

10, rue du Dr Heydenreich – BP 4213 – 54042 NANCY (F) – Tél. : 33(0).383.344.444.

Service de Néonatologie - Soins Intensifs et Réanimation Néonatals – Génétique

Pôle Spécialisé d'accueil et de traitement des Urgences - SMUR Néonatal

Dr Jean-Michel HASCOËT
Professeur de Pédiatrie
Chef de Service

Dr Paul VERT
Professeur de Pédiatrie

MEDECINS DES HOPITAUX
Dr Monique ANDRE
Dr Isabelle HAMON
Dr Jacqueline VIGNERON
Génétique
Dr Claire HUBERT
Maternité
Dr Léon BOFFERDING
Dr Roxane DESANDES
Dr Valérie VALDES

PRATICIEN ADJOINT
Dr Mahmoud ROUABAH
S.M.U.R.

CHEFS DE CLINIQUE
Dr Marie-Thérèse KNEIB
Dr Marie GOLDREY
Dr Sandrine ESPAGNE

MEDECINS ATTACHES
Dr Marie-Jeanne BOUTROY
Dr Fouad HADDAD
Dr Anne SCHMIT-ANSEL
Ophtalmologie

CONSULTATIONS
Dr Chantal DEBRUILLE
Dr Danièle SELTON

Christine BONNEAUX
Surveillante Chef

SECRETARIATS
03.83.34.43.77
03.83.34.43.31
03.83.34.36.45
Hospitalisation
03.83.34.43.88
Consultation
03.83.34.43.76
Génétique
03.83.34.43.76

FAX :
03.83.34.44.11
e-mail :
sec-neonat@maternite.chu-nancy.fr

jeudi 12 septembre 2002

Madame, Monsieur,

Afin de connaître avec plus de précision certaines des conséquences que peut avoir la prématurité sur le devenir des enfants, nous souhaiterions soumettre plusieurs tests psychologiques à des enfants nés grands prématurés (nés avant 32 semaines d'âge gestationnel), des enfants nés prématurés légers (nés entre 33 et 36 semaines d'âge gestationnel), et des enfants nés à terme (à 39 ou 40 semaines).

Il s'agit d'une recherche destinée à améliorer le suivi de ces enfants. Les tests qui seront utilisés ont essentiellement pour objectif d'évaluer les capacités de mémoire, d'attention et de concentration des enfants.

L'évaluation psychologique sera effectuée par Hélène Deforge, titulaire du titre de psychologue et actuellement étudiante en thèse à l'Université de Nancy 2, qui se consacre à l'étude du développement des enfants nés grands prématurés. La passation des tests durera environ une heure trente, et aura lieu à la Maternité Régionale de Nancy. Elle pourra être effectuée à votre domicile, si vous ne pouvez ou ne souhaitez vous déplacer.

Cette évaluation pourra également, si vous en émettez le désir, être couplée à un examen médical qui sera réalisé par l'un des pédiatres du service de Néonatalogie de la Maternité Régionale de Nancy.

Nous nous permettons ainsi de vous solliciter afin de pouvoir rencontrer votre (vos) enfant(s).....,

né le .....et ce si possible avant les prochaines vacances scolaires, c'est-à-dire avant novembre 2002.

Nous vous remercions par avance de votre collaboration et vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'assurance de nos sentiments dévoués.

Hélène Deforge

Docteur Monique André

QUESTIONNAIRE AUX PARENTS

Certains facteurs peuvent avoir une influence sur le développement de l'enfant.
Afin d'avoir une idée plus juste des conséquences que peut avoir une naissance prématurée, nous vous remercions de bien vouloir répondre à ce questionnaire.

Tous ces renseignements, utiles pour l'étude à laquelle votre enfant participe, resteront ANONYMES.

Renseignements concernant l'enfant :

Prénom : ..... Sexe : M F
Date de naissance : ..... Date de l'évaluation : .....

Classe : ..... A quel âge l'enfant est-il rentré au CP : .....
Coordonnées de l'école (facultatif) : .....
.....

Evaluations réalisées à l'entrée du CE2 :
Français : .....
Mathématiques : .....

Votre enfant a t'il déjà bénéficié d'une prise en charge (ergothérapie, kinésithérapie, psychomotricité, orthophonie, ...) :
.....
.....

L'enfant vit-il :

- chez son père et chez sa mère
- chez sa mère
- chez son père
- autre

Nombre de frères et sœurs : ..... Rang dans la fratrie.....

Langue parlée à la maison : .....

Renseignements concernant la mère de l'enfant :

Quel est le dernier diplôme que vous avez obtenu : .....

Quelle est la dernière profession que vous avez exercée : .....

Fumiez-vous pendant la grossesse de l'enfant : OUI NON

Renseignements concernant le père de l'enfant :

Quel est le dernier diplôme que vous avez obtenu : .....

Quelle est la dernière profession que vous avez exercée : .....

Pour apprécier le comportement de votre enfant, répondez à chaque question du mieux que vous pouvez, même si vous n'êtes pas absolument sûr(e) ou si la question vous paraît inadéquate. Répondez en vous basant sur le comportement de votre enfant au cours des six derniers mois.

Pour chaque question, cochez la réponse qui correspond le mieux à votre enfant :
1 (non, pas vrai), 2 (rarement), 3 (parfois), 4 (souvent), 5 (oui, très vrai)

	1 Non, pas vrai	2 Rarement	3 Parfois	4 Souvent	5 Oui, très vrai
Fait souvent des colères, s'énerve facilement					
S'entend mieux avec les adultes qu'avec d'autres enfants					
Bouge tout le temps, ne tient pas en place, est « hyperactif(ve) »					
Est timide, vite effrayé(e)					
Se lève souvent en classe ou dans d'autres situations					
Est plutôt solitaire, à tendance à jouer seul(e)					
Est en général obéissant(e) avec les adultes					
Laisse souvent échapper la réponse à une question qui n'est pas encore posée					
Semble souvent ne pas écouter					
Est capable de se concentrer dans ses travaux, ses jeux, bonne capacité d'attention					
Evite les tâches qui nécessitent un effort mental soutenu					
Ne réussit pas à terminer ce qu'il commence					
Perd souvent les objets nécessaires à son travail					
Court ou grimpe partout					
Partage facilement avec les autres enfants					
A souvent du mal à attendre son tour					
A des difficultés à se concentrer à l'école					
Fait ses devoirs seul(e), n'a pas besoin d'une surveillance continue					
A du mal à se tenir tranquille dans les jeux					
Craint les situations nouvelles					
Est facilement distrait					
Parle trop					
Respecte les consignes (dans ses devoirs, jeux)					
Organise bien ses travaux et ses activités					
Fait des erreurs d'étourderie					
Réfléchit avant d'agir					
Interrompt souvent les autres ou impose sa présence					
A souvent du mal à soutenir son attention					
Remue souvent les mains ou les pieds, ou se tortille sur son siège					

Annexes V.3 : Principales variables influençant les scores des enfants aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC (échelle des Processus Mentaux Composites, échelle Séquentielle et échelle Simultanée) : analyses de régression multiple

• Processus Mentaux Composites

-CE2 :

Tableau V.1.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	.664	,441	,386	10,98

Tableau V.1.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	4848,608	5	969,722	**8,048**	**,000**
	Résidu	6145,322	51	120,497		
	Total	10993,930	56			

Tableau V.1.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CE2	(constante)	104,822	3,975		26,372	,000
	Statut	-8,487	1,736	**-,531**	**-4,888**	**,000**
	Sexe	3,471	2,933	,125	1,183	,242
	Hypotrophie	-6,419	4,350	-,161	-1,475	,146
	Grossesse Multiple	1,262	3,545	,039	,356	,723
	Niveau Etudes Mère	7,158	2,212	**,339**	**3,237**	**,002**

-CM1 :

Tableau V.2.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	.308	,095	-,026	14,58

Tableau V.2.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	666,243	4	166,561	,784	,545
	Résidu	6375,928	30	212,531		
	Total	7042,171	34			

Tableau V.2.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM1	(constante)	105,683	6,222		16,986	,000
	Statut	-4,531	3,324	-,280	-1,363	,183
	Sexe	1,483	5,846	,049	,254	,801
	Grossesse Multiple	-2,622	8,593	-,059	-,305	,762
	Niveau Etudes Mère	2,592	3,407	,137	,761	,453

-CM2 :

Tableau V.3.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,679	,460	,318	10,37

Tableau V.3.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	1742,828	5	348,566	3,243	,028
	Résidu	2042,212	19	107,485		
	Total	3785,040	24			

Tableau V.3.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	101,365	5,739		17,663	,000
	Statut	-8,382	3,654	-,595	-2,294	,033
	Sexe	2,798	4,568	,113	,612	,547
	Hypotrophie	-4,022	7,262	-,106	-,554	,586
	Grossesse Multiple	5,427	7,799	,162	,696	,495
	Niveau Etudes Mère	5,552	3,102	,313	1,790	,089

- Echelle Séquentielle

-CE2 :

Tableau V.4.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,531	,282	,211	10,69

Tableau V.4.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	2283,425	5	456,685	3,997	,004
	Résidu	5827,242	51	114,260		
	Total	8110,667	56			

Tableau V.4.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CE2	(constante)	102.160	3,870		26,395	,000
	Statut	-4.166	1.691	-,303	-2,464	,017
	Sexe	-1.886	2.856	-,079	-,660	,512
	Hypotrophie	-8.786	4,236	-,256	-2,074	,043
	Grossesse Multiple	-1.519	3,452	-,055	-,440	,662
	Niveau Etudes Mère	4.759	2.154	,262	2,210	,032

-CM1 :

Tableau V.5.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,320	,102	-,018	14,57

Tableau V.5.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	724,342	4	181,086	,853	,503
	Résidu	6370,800	30	212,360		
	Total	7095,143	34			

Tableau V.5.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM1	(constante)	102,592	6,219		16,496	,000
	Statut	-5,263	3,323	-,325	-1,584	,124
	Sexe	1,323	5,844	,043	,226	,822
	Grossesse Multiple	-,273	8,590	-,006	-,032	,975
	Niveau Etudes Mère	-,690	3,406	-,036	-,203	,841

-CM2 :

Tableau V.6.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,694	,481	,345	9,45

Tableau V.6.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	1574,164	5	314,833	3,523	,020
	Résidu	1697,996	19	89,368		
	Total	3272,160	24			

Tableau V.6.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	103,837	5,233		19,843	,000
	Statut	-9,404	3,332	-,717	-2,823	,011
	Sexe	-,212	4,165	-,009	-,051	,960
	Hypotrophie	-5,969	6,622	-,170	-,901	,379
	Grossesse Multiple	11,011	7,112	,353	1,548	,138
	Niveau Etudes Mère	3,873	2,829	,235	1,369	,187

- Echelle Simultanée

-CE2 :

Tableau V.7.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,633	,401	,342	12,24

Tableau V.7.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	5114,996	5	1022,999	6,831	,000
	Résidu	7637,881	51	149,762		
	Total	12752,877	56			

Tableau V.7.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CE2	(constante)	106,209	4,431		23,969	,000
	Statut	-9,327	1,936	-,541	-4,818	,000
	Sexe	6,135	3,270	,205	1,876	,066
	Hypotrophie	-2,651	4,850	-,062	-,547	,587
	Grossesse Multiple	2,810	3,952	,081	,711	,480
	Niveau Etudes Mère	6,656	2,466	,293	2,699	,009

-CM1 :

Tableau V.8.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,277	,077	-,046	14,72

Tableau V.8.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	541,909	4	135,477	,625	,648
	Résidu	6499,633	30	216,654		
	Total	7041,543	34			

Tableau V.8.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM1	(constante)	106,695	6,282		16,985	,000
	Statut	-2,904	3,356	-,180	-,865	,394
	Sexe	1,494	5,903	,049	,253	,802
	Grossesse Multiple	-3,661	8,676	-,082	-,422	,676
	Niveau Etudes Mère	4,103	3,440	,216	1,193	,242

-CM2 :

Tableau V.9.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,558	,311	,129	11,35

Tableau V.9.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	1104,821	5	220,964	1,714	,180
	Résidu	2449,339	19	128,913		
	Total	3554,160	24			

Tableau V.9.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	99,713	6,285		15,865	,000
	Statut	-5,250	4,002	-,384	-1,312	,205
	Sexe	4,300	5,003	,179	,860	,401
	Hypotrophie	-1,439	7,953	-,039	-,181	,858
	Grossesse Multiple	-,634	8,541	-,019	-,074	,942
	Niveau Etudes Mère	4,921	3,397	,286	1,448	,164

Annexes V.4 : Principales variables influençant les scores des enfants aux épreuves d'inhibition : analyses de régression multiple

• Seconde partie Suites de Mots : nombre de séquences rappelées

-CE2 :

Tableau V.10.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,506	,256	,122	1,34

Tableau V.10.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	23,903	7	3,415	1,914	,093
	Résidu	69,587	39	1,784		
	Total	93,489	46			

Tableau V.10.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CE2	(constante)	3,125	5,661		,552	,584
	Statut	-,576	,238	-,367	-2,417	,020
	Age	-2,531E-03	,053	-,008	-,048	,962
	Sexe	,212	,402	,075	,527	,601
	Hypotrophie	-,949	,604	-,224	-1,571	,124
	Grossesse Multiple	-,499	,538	-,133	-,928	,359
	Niveau Etudes Mère	,182	,314	,088	,581	,565
	Bilinguisme	-,523	1,505	-,054	-,348	,730

-CM1 :

Tableau V.11.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,318	,101	-,115	1.52

Tableau V.11.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	6,452	6	1,075	,468	,825
	Résidu	57,423	25	2,297		
	Total	63,875	31			

Tableau V.11.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM1	(constante)	5,274	9,493		,556	,583
	Statut	-,576	,398	-,360	-1,446	,161
	Age	-1,990E-02	,079	-,058	-,250	,804
	Sexe	,297	,619	,102	,480	,636
	Grossesse Multiple	1,001	,978	,234	1,023	,316
	Niveau Etudes Mère	-,204	,426	-,107	-,478	,637
	Bilinguisme	,454	1,018	,094	,446	,660

-CM2 :

Tableau V.12.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	.733	,538	,353	1,14

Tableau V.12.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	22.520	6	3,753	2,910	,044
	Résidu	19.344	15	1,290		
	Total	41.864	21			

Tableau V.12.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM2	(constante)	10,957	13,918		,787	,443
	Statut	-1,578	,448	**-1,008**	**-3,522**	**,003**
	Age	-5,582E-02	,110	-,106	-,507	,619
	Sexe	-,147	,564	-,053	-,260	,798
	Hypotrophie	-,410	1,384	-,062	-,297	,771
	Grossesse Multiple	1,664	1,131	,465	1,471	,162
	Niveau Etudes Mère	,126	,357	,065	,352	,730

• Gestes contraires : nombre de réussites dans la partie Conflit

-CE2 :

Tableau V.13.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,608	,369	,256	,60

Tableau V.13.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	8,203	7	1,172	3,262	,008
	Résidu	14,010	39	,359		
	Total	22,213	46			

Tableau V.13.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	8.943	2,540		3,521	,001
	Statut	-,230	,107	**-,301**	**-2,154**	**,037**
	Age	1,258E-02	,024	,080	,527	,601
	Sexe	-,138	,180	-,100	-,765	,449
	Hypotrophie	-,566	,271	-,275	**-2,088**	**,043**
	Grossesse Multiple	4,903E-02	,242	,027	,203	,840
	Niveau Etudes Mère	-9,884E-02	,141	-,098	-,703	,487
	Bilinguisme	-1,757	,675	-,369	**-2,603**	**,013**

-CM1 :

Tableau V.14.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,447	,200	,007	,33

Tableau V.14.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	,698	6	,116	1,038	,424
	Résidu	2,802	25	,112		
	Total	3,500	31			

Tableau V.14.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM1	(constante)	11,994	2,097		5,720	,000
	Statut	-,147	,088	-,393	-1,672	,107
	Age	-1,619E-02	,018	-,203	-,922	,365
	Sexe	-,153	,137	-,223	-1,115	,275
	Grossesse Multiple	9,593E-02	,216	,096	,444	,661
	Niveau Etudes Mère	-4,629E-02	,094	-,103	-,491	,627
	Bilinguisme	,119	,225	,105	,528	,602

-CM2 :

Tableau V.15.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,549	,301	,021	,35

Tableau V.15.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	.780	6	.130	1,077	,419
	Résidu	1.811	15	.121		
	Total	2.591	21			

Tableau V.15.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	3,062	4,258		,719	,483
	Statut	9,018E-03	,137	,023	,066	,948
	Age	5,236E-02	,034	,400	1,555	,141
	Sexe	,221	,173	,320	1,279	,220
	Hypotrophie	,125	,423	,076	,296	,772
	Grossesse Multiple	-3,605E-02	,346	-,041	-,104	,918
	Niveau Etudes Mère	1,323E-02	,109	,028	,121	,905

• Fluence catégorielle : nombre de noms d'animaux produits

-CE2

Tableau V.16.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,563	,316	,194	5,13

Tableau V.16.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	475,692	7	67,956	2,580	,028
	Résidu	1027,287	39	26,341		
	Total	1502,979	46			

Tableau V.16.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	6,877	21,750		,316	,754
	Statut	-2,263	,915	-,360	-2,473	,018
	Age	,147	,204	,114	,721	,475
	Sexe	-2,563	1,544	-,226	-1,660	,105
	Hypotrophie	-2,799	2,321	-,165	-1,206	,235
	Grossesse Multiple	,184	2,068	,012	,089	,930
	Niveau Etudes Mère	,238	1,205	,029	,197	,845
	Bilinguisme	-4,906	5,781	-,125	-,849	,401

-CM1 :

Tableau V.17.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,333	,111	-,102	5,46

Tableau V.17.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	92,978	6	15,496	,520	,788
	Résidu	744,991	25	29,800		
	Total	837,969	31			

Tableau V.17.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM1	(constante)	28,863	34,194		,844	,407
	Statut	-,147	1,435	-,025	-,103	,919
	Age	-,103	,286	-,084	-,361	,721
	Sexe	3,135	2,230	,297	1,406	,172
	Grossesse Multiple	-,234	3,523	-,015	-,066	,948
	Niveau Etudes Mère	,630	1,536	,091	,410	,685
	Bilinguisme	-,756	3,667	-,043	-,206	,838

-CM2 :

Tableau V.18.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,701	,492	,289	6,64

Tableau V.18.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	641,480	6	106,913	2,421	,077
	Résidu	662,338	15	44,156		
	Total	1303,818	21			

Tableau V.18.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM2	(constante)	3,062	4,258		,719	,483
	Statut	9,018E-03	,137	,023	,066	,948
	Age	5,236E-02	,034	,400	1,555	,141
	Sexe	,221	,173	,320	1,279	,220
	Hypotrophie	,125	,423	,076	,296	,772
	Grossesse Multiple	-3,605E-02	,346	-,041	-,104	,918
	Niveau Etudes Mère	1,323E-02	,109	,028	,121	,905

• Fluence phonologique : nombre de mots commençant par la lettre M produits

-CE2 :

Tableau V.19.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,476	,227	,088	2,90

Tableau V.19.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	96,053	7	13,722	1,633	,155
	Résidu	327,692	39	8,402		
	Total	423,745	46			

Tableau V.19.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	14,726	12,284		1,199	,238
	Statut	-,741	,517	-,222	-1,433	,160
	Age	-6,206E-02	,115	-,091	-,538	,594
	Sexe	1,045	,872	,174	1,198	,238
	Hypotrophie	-1,799	1,311	-,200	-1,372	,178
	Grossesse Multiple	-1,799	1,168	-,225	-1,540	,132
	Niveau Etudes Mère	-,908	,680	-,206	-1,334	,190
	Bilinguisme	-3,197	3,265	-,154	-,979	,334

-CM1 :

Tableau V.20.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,360	,130	-,079	3,70

Tableau V.20.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	51,191	6	8,532	,622	,711
	Résidu	342,809	25	13,712		
	Total	394,000	31			

Tableau V.20.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM1	(constante)	-19,622	23,195		-,846	,406
	Statut	,441	,974	,111	,453	,654
	Age	,237	,194	,280	1,220	,234
	Sexe	,710	1,513	,098	,470	,643
	Grossesse Multiple	-2,524	2,390	-,238	-1,056	,301
	Niveau Etudes Mère	-,168	1,042	-,035	-,161	,873
	Bilinguisme	1,737	2,488	,144	,698	,491

-CM2 :

Tableau V.21.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,609	,371	,119	3,85

Tableau V.21.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	130,877	6	21,813	1,472	,253
	Résidu	222,214	15	14,814		
	Total	353,091	21			

Tableau V.21.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	97,700	47,171		2,071	,056
	Statut	-1,702	1,518	-,374	-1,121	,280
	Age	-,674	,373	-,441	-1,807	,091
	Sexe	-,526	1,913	-,065	-,275	,787
	Hypotrophie	-1,624	4,689	-,084	-,346	,734
	Grossesse Multiple	-1,902	3,834	-,183	-,496	,627
	Niveau Etudes Mère	1,690	1,212	,303	1,395	,183

•Empan à l'envers : nombre de séquences rappelées

-CE2 :

Tableau V.22.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,446	,199	,055	1,30

Tableau V.22.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	16.284	7	2.326	1,382	,240
	Résidu	65,631	39	1.683		
	Total	81,915	46			

Tableau V.22.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	7,619	5,497		1,386	,174
	Statut	-,633	,231	-,431	-2,735	,009
	Age	-3,045E-02	,052	-,101	-,589	,559
	Sexe	9,615E-02	,390	,036	,246	,807
	Hypotrophie	,268	,587	,068	,458	,650
	Grossesse Multiple	-,421	,523	-,120	-,805	,426
	Niveau Etudes Mère	,112	,305	,058	,367	,716
	Bilinguisme	-1,220	1,461	-,133	-,835	,409

-CM1 :

Tableau V23.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,633	,400	,256	,97

Tableau V.23.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	15,698	6	2,616	2,781	,033
	Résidu	23,521	25	,941		
	Total	39,219	31			

Tableau V.23.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM1	(constante)	9,933	6,076		1,635	,115
	Statut	-,488	,255	-,389	-1,914	,067
	Age	-4,202E-02	,051	-,158	-,826	,416
	Sexe	-,925	,396	-,404	-2,334	,028
	Grossesse Multiple	-8,197E-04	,626	,000	-,001	,999
	Niveau Etudes Mère	,214	,273	,143	,783	,441
	Bilinguisme	,313	,652	,082	,481	,635

-CM2 :

Tableau V.24.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,596	,355	,098	1,53

Tableau V.24.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	19,404	6	3,234	1,379	,285
	Résidu	35,187	15	2,346		
	Total	54,591	21			

Tableau V.24.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM2	(constante)	2,935	18,771		,156	,878
	Statut	-,494	,604	-,276	-,817	,427
	Age	1,513E-02	,148	,025	,102	,920
	Sexe	,848	,761	,268	1,113	,283
	Hypotrophie	-1,093	1,866	-,145	-,586	,567
	Grossesse Multiple	-,347	1,526	-,085	-,228	,823
	Niveau Etudes Mère	,738	,482	,336	1,531	,147

• Tour de Londres : nombre de modèles réussis au premier essai

-CE2 :

Tableau V.25.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,574	,329	,209	1,50

Tableau V.25.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	43,318	7	6.188	2,733	,021
	Résidu	88.299	39	2.264		
	Total	131.617	46			

Tableau V.25.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	10,278	6,376		1,612	,115
	Statut	-,819	,268	-,440	-3,053	,004
	Age	-2,146E-02	,060	-,056	-,358	,722
	Sexe	-,882	,453	-,263	-1,948	,059
	Hypotrophie	,404	,680	,080	,593	,557
	Grossesse Multiple	,143	,606	,032	,236	,815
	Niveau Etudes Mère	,367	,353	,149	1,039	,305
	Bilinguisme	3,440	1,695	,297	2,030	,049

-CM1 :

Tableau V.26.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,324	,105	-,110	1,82

Tableau V.26.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	9,632	6	1,605	,487	,812
	Résidu	82,368	25	3,295		
	Total	92,000	31			

Tableau V.26.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM1	(constante)	-,593	11,370		-,052	,959
	Statut	,178	,477	,093	,373	,712
	Age	7,763E-02	,095	,190	,816	,422
	Sexe	,246	,742	,070	,332	,743
	Grossesse Multiple	-,379	1,172	-,074	-,323	,749
	Niveau Etudes Mère	-,164	,511	-,072	-,322	,750
	Bilinguisme	-1,415	1,219	-,243	-1,161	,257

-CM2 :

Tableau V.27.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,637	,406	,168	1,61

Tableau V.27.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	26,400	6	4,400	1,706	,188
	Résidu	38,690	15	2,579		
	Total	65,091	21			

Tableau V.27.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	25,428	19,683		1,292	,216
	Statut	-,988	,634	-,506	-1,559	,140
	Age	-,128	,156	-,195	-,822	,424
	Sexe	,282	,798	,082	,353	,729
	Hypotrophie	-1,268	1,957	-,154	-,648	,527
	Grossesse Multiple	-,464	1,600	-,104	-,290	,776
	Niveau Etudes Mère	,123	,506	,051	,244	,811

• Tour de Londres : nombre total d'essais pour reproduire les douze modèles

-CE2 :

Tableau V.28.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,714	,510	,422	2,80

Tableau V.28.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	316,821	7	45,260	5,789	,000
	Résidu	304,923	39	7,819		
	Total	621,745	46			

.Tableau V.28.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	10,921	11,849		,922	,362
	Statut	2,605	,499	,644	5,225	,000
	Age	5,969E-02	,111	,072	,536	,595
	Sexe	1,687	,841	,231	2,005	,052
	Hypotrophie	,242	1,264	,022	,191	,849
	Grossesse Multiple	-,109	1,127	-,011	-,096	,924
	Niveau Etudes Mère	-,642	,656	-,120	-,977	,334
	Bilinguisme	-5,824	3,150	-,231	-1,849	,072

-CM1 :

Tableau V.29.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM1	,413	,170	-,029	3,93

Tableau V.29.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM1	Régression	79,182	6	13,197	,855	,541
	Résidu	385,787	25	15,431		
	Total	464,969	31			

Tableau V.29.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CM1	(constante)	48,140	24,606		1,956	,062
	Statut	-,937	1,033	-,217	-,907	,373
	Age	-,273	,206	-,298	-1,326	,197
	Sexe	,717	1,605	,091	,447	,659
	Grossesse Multiple	1,288	2,535	,112	,508	,616
	Niveau Etudes Mère	1,048	1,105	,203	,948	,352
	Bilinguisme	2,797	2,639	,214	1,060	,299

-CM2 :

Tableau V.30.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CM2	,762	,581	,414	2,14

Tableau V.30.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
CM2	Régression	95,537	6	15,923	3,470	,024
	Résidu	68,827	15	4,588		
	Total	164,364	21			

Tableau V.30.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur standard	Bêta		
CM2	(constante)	-3,578	26,252		-,136	,893
	Statut	1,851	,845	,597	2,191	,045
	Age	,155	,208	,149	,747	,467
	Sexe	-,162	1,065	-,030	-,152	,881
	Hypotrophie	-,859	2,610	-,065	-,329	,747
	Grossesse Multiple	1,998	2,134	,282	,936	,364
	Niveau Etudes Mère	-,641	,674	-,168	-,951	,357

Annexes V.5 : Principales variables influençant le niveau global d'efficience inhibitrice : analyses de régression multiple, toutes classes confondues, puis les trois classes considérées séparément

- Toutes classes confondues

Tableau V.31.a : Coefficient de détermination multiple R2

R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
,680	**,462**	,426	,7424218

Tableau V.31.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

Modèle	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
Régression	48,819	7	6,974	**12,653**	**,000**
Résidu	56,773	103	,551		
Total	105,591	110			

Tableau V.31.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
	B	Erreur standard	Bêta		
(constante)	-3,647	,803		-4,544	,000
Statut	-,428	,088	-,389	-4,888	**,000**
Age	3,509E-02	,007	,394	5,228	**,000**
Sexe	4,811E-03	,144	,002	,034	,973
Hypotrophie	-,579	,256	-,170	-2,259	**,026**
Grossesse Multiple	-3,516E-02	,194	-,014	-,181	,856
Niveau Etudes Mère	,232	,103	,168	2,249	**,027**
Bilinguisme	-1,527E-02	,391	-,003	-,039	,969

- Les trois classes considérées séparément

Tableau V.32.a : Coefficient de détermination multiple R2

CLASSE	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
CE2	,631	**,398**	,306	,7804361
CM1	,328	**,108**	-,084	,6985114
CM2	,834	**,696**	,574	,6109881

Tableau V.32.b : Test de Ho selon laquelle la régression linéaire multiple est non significative dans son ensemble

CLASSE	Modèle	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Signification
CE2	Régression	18,519	7	2,646	**4,344**	**,001**
	Résidu	28,018	46	,609		
	Total	46,537	53			
CM1	Régression	1,647	6	,274	**,563**	**,756**
	Résidu	13,662	28	,488		
	Total	15,309	34			
CM2	Régression	12,810	6	2,135	**5,719**	**,003**
	Résidu	5,600	15	,373		
	Total	18,409	21			

Tableau V. 32.c : Test des contributions marginales des variables explicatives

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif.
CLASSE	Modèle	B	Erreur	Bêta		
CE2	(constante)	3,119E-02	3,300		,009	,993
	Statut	-,551	,138	-,511	-3,991	**,000**
	Age	2,477E-03	,031	,011	,080	,937
	Sexe	-5,392E-03	,219	-,003	-,025	,981
	Hypotrophie	-,544	,314	-,208	-1,731	**,090**
	Grossesse Multiple	-5,798E-02	,256	-,027	-,227	,822
	Niveau Etudes Mère	7,339E-02	,174	,053	,421	,676
	Bilinguisme	-1,444	,875	-,210	-1,650	,106
CM1	(constante)	1,265	4,080		,310	,759
	Statut	-,262	,172	-,347	-1,520	,140
	Age	-9,081E-03	,034	-,059	-,266	,792
	Sexe	3,016E-02	,282	,022	,107	,916
	Grossesse Multiple	2,817E-02	,440	,014	,064	,949
	Niveau Etudes Mère	1,784E-02	,184	,020	,097	,923
	Bilinguisme	,307	,460	,130	,667	,510
CM2	(constante)	9,938	7,259		1,369	,191
	Statut	-,654	,231	-,653	-2,826	**,013**
	Age	-7,185E-02	,057	-,206	-1,252	,230
	Sexe	-2,484E-02	,309	-,013	-,080	,937
	Hypotrophie	-,471	,532	-,148	-,884	,390
	Grossesse Multiple	-,260	,523	-,109	-,496	,627
	Niveau Etudes Mère	,544	,196	,422	2,780	**,014**

ANNEXES CHAPITRE 6

Annexe VI.1 : Comparaisons *a posteriori* des performances des différents groupes d'enfants évalués pour notre troisième étude aux échelles des Processus Mentaux du K-ABC

Tableau VI.1 : Comparaisons *post hoc* (procédure de Bonferroni)

Variable dépendante	(I) statut selon 3 niveaux	(J) statut selon 3 niveaux	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sign.	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Limite supérieure
Processus Séquentiels	à terme	prématurés légers	7,69(*)	3,09	,044	,15	15,23
		grands ou très grands prématurés	3,76	3,35	,794	-4,42	11,95
	prématurés légers	à terme	-7,69(*)	3,09	,044	-15,23	-,15
		grands ou très grands prématurés	-3,93	3,40	,751	-12,23	4,37
	grands ou très grands prématurés	à terme	-3,76	3,35	,794	-11,95	4,42
		prématurés légers	3,93	3,40	,751	-4,37	12,23
Processus Simultanés	à terme	prématurés légers	9,98(*)	3,38	,012	1,73	18,23
		grands ou très grands prématurés	10,39(*)	3,67	,017	1,43	19,35
	prématurés légers	à terme	-9,98(*)	3,38	,012	-18,23	-1,73
		grands ou très grands prématurés	,41	3,71	1,000	-8,66	9,48
	grands ou très grands prématurés	à terme	-10,39(*)	3,67	,017	-19,35	-1,43
		prématurés légers	-,41	3,71	1,000	-9,48	8,66
Processus Mentaux Composites	à terme	prématurés légers	10,96(*)	3,13	,002	3,32	18,61
		grands ou très grands prématurés	9,33(*)	3,40	,022	1,03	17,63
	prématurés légers	à terme	-10,96(*)	3,13	,002	-18,61	-3,32
		grands ou très grands prématurés	-1,64	3,44	1,000	-10,05	6,77
	grands ou très grands prématurés	à terme	-9,33(*)	3,40	,022	-17,63	-1,03
		prématurés légers	1,64	3,44	1,000	-6,77	10,05

* La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

Annexe VI.2 : Comparaisons *a posteriori* des performances des différents groupes d'enfants évalués pour notre troisième étude aux épreuves évaluant les trois fonctions inhibitrices

Tableau VI.2 : Comparaisons *post hoc* (test de Mann-Whitney)

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Suites de Mots (2° part)	458,5	p = 0,270	369,5	p = 0,592	327,5	p = 0,606
Brown-Peterson	451	p = 0,227	368,5	p = 0,580	324,5	p = 0,567
Barrage	459,5	p = 0,277	282,5	*p = 0,052*	282,5	p = 0,191
Mise à jour Chiffres	330	**p = 0,005**	318,5	p = 0,108	320,5	p = 0,373
Mise à jour Mots	495	p = 0,530	399	P = 0,738	328	p = 0,440
Interférence proactive	483,5	p = 0,422	315,5	p = 0,139	323,5	p = 0,544
Gestes Contraires	407,5	**p = 0,023**	26,5	**p = 0,006**	330	p = 0,598
Stroop	471,5	p = 0,465	218	**p = 0,009**	233,5	*p = 0,052*
Tâche conflict. auditive	412,5	*p = 0,074*	212	**p = 0,001**	299,5	p = 0,201

Annexe VI.3 : Comparaisons *a posteriori* des performances des différents groupes d'enfants évalués pour notre troisième étude aux épreuves exécutives

Tableau VI.3 : Comparaisons *post hoc* (test de Mann-Whitney)

	Terme / Prématurés Légers		Terme / Grands ou Très Grands Prématurés		Prématurés Légers / Grands ou Très Grands Prématurés	
	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.	U de Mann-Whitney	Sign.
Fluence catégorielle	523	p = 0,802	354	p = 0,440	315,5	p = 0,473
Fluence phonologique	481	p = 0,681	364	p = 0,796	314	p = 0,456
Empan à l'envers	405,5	*p = 0,068*	304	p = 0,105	352	p = 0,935
Tour de Londres (nb modèles réussis essai 1)	79	**p = 0,038**	131	p = 0,803	35,5	**p = 0,030**
Tour de Londres (nb total essais)	79	**p = 0,039**	117	p = 0,462	56,5	p = 0,368

SCD NANCY 2
46 av. de la Libération
B.U. LETTRES

Résumé :

Les séquelles tardives légères de la prématurité font depuis quelques années l'objet d'un nombre croissant de recherches. Un certain nombre de troubles sont mentionnés de façon récurrente dans la littérature relative au devenir des enfants nés prématurément, qui touchent différents domaines de la cognition ainsi que la sphère comportementale. Pour tenter de rendre compte d'une partie de ces troubles, l'hypothèse d'un déficit inhibiteur a récemment été émise. Néanmoins, la notion d'inhibition souffre de problèmes définitoires et méthodologiques. Actuellement, la question demeure ouverte de l'unité ou de la diversité fonctionnelle des processus inhibiteurs. Trois études comparatives ont été développées dans ce travail, qui visaient d'une part à préciser les conséquences de la prématurité sur le fonctionnement cognitif à l'âge scolaire, et d'autre part à éclairer l'organisation et les rôles des trois fonctions attribuées à l'inhibition par Hasher et al. (1999) : Accès, Nettoyage et Restriction.
Les enfants anciens prématurés obtiennent au K-ABC des profils de notes qui diffèrent en fonction de la sévérité de la prématurité. Comparés aux témoins nés à terme, les enfants nés prématurés légers et ceux nés grands prématurés réalisent de plus faibles performances dans les épreuves de mémoire immédiate de l'échelle Séquentielle. Les anciens grands prématurés éprouvent également des difficultés en Simultané, *i.e.*, dans le domaine visuo-spatial. Par ailleurs, les enfants nés prématurés ont des scores plus faibles que les témoins dans plusieurs épreuves exécutives impliquant un contrôle inhibiteur. Les analyses confirmatoires réalisées montrent que les trois fonctions inhibitrices peuvent être considérées comme séparables (cela est à nuancer en ce qui concerne les fonctions d'Accès et de Nettoyage), bien que non totalement indépendantes. Les comparaisons inter-groupes effectuées à la lumière de ces résultats suggèrent que les enfants nés prématurés légers éprouvent certaines difficultés, à l'âge scolaire, à actualiser les contenus de la mémoire de travail. Les trois fonctions inhibitrices seraient affectées chez les anciens grands prématurés. Néanmoins, plusieurs variables influent sur la relation entre statut de naissance et performances cognitives.

Mots clés : prématurité, séquelles tardives légères, enfant, cognition, fonctions inhibitrices.

Summary

Since several years, research has focused on the longer term outcomes for preterm infants and, in particular, on the cognitive, educational and behavioural impairments experienced by preterm children during childhood. Research in this domain has progressively come to defend the hypothesis of a dysfunction of "cognitive inhibition". However, the relations among the various authors' different meanings of inhibition are not clearly articulated in literature. At present, the unity or diversity of inhibitory functions is a debatable point. Three case-control studies are reported here. One primary goal of these studies was to specify the longer term outcomes for preterm children. One second main goal was to examine the organization and roles of the three inhibitory functions mentioned by Hasher & al. (1999) : Acces, Deletion and Restraining.
Birth status is correlated with cognitive performance in the K-ABC. In comparison with full term controls, preterm children and very preterm children have lower scores at sequential processing scale that evaluates short-term memory capacities. Very preterm children also have difficulties with problems solved through the application of visual imagery. Preterm children and very preterm children score significantly lower than full term children on many tests sensitive to inhibitory processes. The results from the confirmatory factor analysis indicate that the three target functions are distinguishable, but not completely independent. Preterm children have difficulties with the updating of working memory contents, at school age. The three inhibitory functions seem to be disrupted with very preterm children. However, many factors may exert an effect on relationships between birth statut and cognitive performance.

Keywords : preterm birth, longer term outcomes, cognition, inhibitory functions