



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-memoires-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>

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ DE MÉDECINE
DÉPARTEMENT D'ORTHOAPHONIE

MÉMOIRE présenté par :

Emily PENDELLIAU et Morgane REY

soutenu le : **11 juin 2015**

pour obtenir le **Certificat de Capacité d'Orthophoniste**
de l'Université de Lorraine

Liens existant entre les troubles dyslexiques développementaux et les troubles du traitement auditif

*Etude transversale comparée des résultats obtenus au
Bilan Auditif Central entre une population d'enfants
porteurs de troubles dyslexiques et une population
d'enfants témoins*

Président :	C. PARIETTI-WINKLER
	Professeur, Université de Lorraine, CHU Nancy
Directeur du mémoire :	C. COURRIER
	Orthophoniste, CHU Nancy
Assesseur :	B. MONTAUT-VERIENT
	Médecin ORL, CHU Nancy

Année universitaire : 2014-2015

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ DE MÉDECINE
DÉPARTEMENT D'ORTHOAPHONIE

MÉMOIRE

présenté par :

Emily PENDELLIAU et Morgane REY

soutenu le : **11 juin 2015**

pour obtenir le **Certificat de Capacité d'Orthophoniste**
de l'Université de Lorraine

Liens existant entre les troubles dyslexiques développementaux et les troubles du traitement auditif

*Etude transversale comparée des résultats obtenus au
Bilan Auditif Central entre une population d'enfants
porteurs de troubles dyslexiques et une population
d'enfants témoins*

Président :	C. PARIETTI-WINKLER
	Professeur, Université de Lorraine, CHU Nancy
Directeur du mémoire :	C. COURRIER
	Orthophoniste, CHU Nancy
Assesseur :	B. MONTAUT-VERIENT
	Médecin ORL, CHU Nancy

Année universitaire : 2014-2015

Remerciements

Nous tenons à remercier :

Madame Courrier pour sa bienveillance et ses conseils avisés. Merci pour le temps que vous nous avez consacré et l'attention que vous avez portée à notre mémoire.

Madame Montaut-Verient qui nous a accompagnées tout au long de ce mémoire et a rendu notre travail de recherche réalisable.

Madame le Professeur Parietti-Winkler, qui nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury. Merci pour vos encouragements.

Les audiométristes du département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy pour leur accueil.

Les orthophonistes de Nancy qui ont eu l'extrême gentillesse de nous aider pour le recrutement des populations.

Les enfants ayant participé à cette étude ainsi que leurs parents. Merci pour leur implication.

Madame Dony-Closon pour avoir pris le temps de nous expliquer le fonctionnement du Bilan Auditif Central. Merci pour votre enthousiasme.

Je tiens à remercier :

Toutes les orthophonistes qui ont eu la générosité de m'accueillir en stage.

Madame Céline Thiariat-Laurent dont le professionnalisme, la bienveillance, et les fous-rires m'ont beaucoup appris. C'est avec enthousiasme que j'entre dans la profession.

Mes amis, qui en France et aux quatre coins du monde, m'ont soutenue. To all my friends, thank you for your support.

Sarah, pour ta présence, tes encouragements et ton amitié. Merci pour toutes ces années et celles à venir.

Géraldine, Elise, Maud, Alexia, Morgane. Merci pour tous ces bons moments.

Morgane, pour ton énergie, ta patience et ta positivité. Merci pour cette année et ce mémoire.

Ma famille, qui m'a accueillie à bras ouverts. Merci pour votre générosité et votre soutien.

Mon pays, Maurice, « *Stella Clavisque Maris Indici.* »

Sarah, ma sœur sur qui j'ai toujours pu compter.

Ma mère, qui a toujours été là pour Sarah et moi. Merci pour ta patience, ton soutien, ta bienveillance, ton enthousiasme et ton amour.

Emily

Je tiens à remercier :

Tous les professeurs et les maîtres de stage qui m'ont transmis l'envie d'aller toujours plus loin dans la découverte de ce fabuleux métier.

Ma mère qui, grâce à ce qu'elle est, m'a permis de faire tant de chemin.

Mon père, qui nous a aidées dans la réalisation technique de ce mémoire.

Toute ma famille, et en particulier mes grands-parents et mon oncle, sans qui je n'aurais jamais eu la possibilité de poursuivre ces études passionnantes.

Madame Delphine Le Turioner sans qui je n'aurais jamais pu décrocher ce fameux concours.

Emily pour m'avoir aidée à ne pas m'égarer et à vouloir persévéérer, même dans les moments difficiles. Merci pour cette riche année.

Tous mes ami(e)s qui, comme moi, se sont retrouvées aux quatre coins de la France.

Maud, Elise, Géraldine, Alexia et Emily pour tous ces bons moments passés ensemble qui m'ont aidée à supporter le climat nancéien.

Morgane

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	5
Liste des tableaux	9
Liste des figures	9
Liste des schémas	10
Liste des annexes	10
Introduction	11
Première partie : Partie Théorique	14
1. Les troubles dyslexiques	15
1.1. Les choix théoriques	15
1.2. Les définitions des troubles dyslexiques	15
1.3. Les voies de lecture	17
1.4. Les différents types de troubles dyslexiques	18
1.4.1. Les troubles dyslexiques de type phonologique	18
1.4.2. Les troubles dyslexiques de surface	19
1.4.3. Les troubles dyslexiques mixtes	19
1.5. La symptomatologie des troubles dyslexiques	20
1.6. Les hypothèses étiologiques des troubles dyslexiques	21
1.6.1. Les hypothèses étiologiques génétique et anatomo-physiologiques	21
1.6.1.1. La théorie génétique	21
1.6.1.2. La théorie anatomique	22
1.6.1.3. La théorie cérébelleuse	22
1.6.1.4. La théorie magnocellulaire	23
1.6.2. Les hypothèses étiologiques fonctionnelles	24
1.6.2.1. La théorie phonologique	25
1.6.2.2. La théorie du traitement temporel	26
1.6.2.3. Les théories attentionnelle et visuo-attentionnelle	27
1.7. La prise en charge des troubles dyslexiques	28
2. Le système auditif central	31
2.1. L'anatomie du système auditif central	31
2.2. Les fonctionnalités du système auditif central	32
2.3. Les troubles du traitement auditif	33
2.4. La symptomatologie des troubles du traitement auditif	34

2.4.1. La symptomatologie des troubles du traitement auditif développementaux	34
2.4.2. La symptomatologie des troubles du traitement auditif acquis.....	35
2.4.2.1. Les troubles du traitement auditif syndromiques	35
2.4.2.2. Les troubles du traitement auditif dans le cadre d'une maladie neurologique	36
2.5. Le diagnostic des troubles du traitement auditif	36
2.5.1. Les diagnostics différentiels.....	36
2.5.2. L'implication de l'âge dans la pose du diagnostic d'un trouble du traitement auditif	37
2.5.3. Les tests auditifs centraux subjectifs.....	38
2.5.4. Les tests auditifs centraux objectifs	38
2.5.5. L'implication des processus de haut niveau.....	39
2.6. La remédiation des troubles du traitement auditif.....	40
2.6.1. Les modifications environnementales	40
2.6.2. Les techniques de remédiation et les stratégies compensatoires.....	41
3. Les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif	42
3.1. Les études établissant directement des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif	42
3.2. Les études établissant indirectement des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif	44
3.3. Conclusions sur les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif	45
3.4. Notre hypothèse théorique	46
Deuxième partie : Partie méthodologie	48
1. Les populations	49
1.1. Le recrutement de la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques	49
1.1.1. Les critères d'inclusion	49
1.1.2. Les critères d'exclusion.....	49
1.2. Le recrutement de la population d'enfants témoins	50
1.2.1. Les critères d'inclusion	50
1.2.2. Les critères d'exclusion.....	50
1.3. Le mode de recrutement des populations	51
1.4. La description et la comparaison des deux populations	52
1.4.1. La description des enfants des deux populations	52
1.4.2. L'appariement des enfants des deux populations.....	52

2. Les outils méthodologiques.....	54
2.1. La description rapide du déroulement de l'expérimentation.....	54
2.2. L'examen ORL et le test audiométrique	54
2.3. Le questionnaire d'anamnèse	54
2.4. Le test de l'Alouette	55
2.5. Le Bilan Auditif Central.....	56
2.5.1. La présentation du Bilan Auditif Central	56
2.5.2. La description des épreuves du Bilan Auditif Central	57
2.5.2.1. L'épreuve d'intégration auditive de Lafon.....	57
2.5.2.2. L'épreuve d'écoute dichotique.....	57
2.5.2.3. L'épreuve de démasquage : Masking Level Difference.....	58
2.5.2.4. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations	59
2.6. Les outils techniques nécessaires à la passation du Bilan Auditif Central.....	61
2.7. La répartition des rôles durant la passation du Bilan Auditif Central	62
3. Le recueil des données et la cotation.....	64
3.1. Le questionnaire d'anamnèse	64
3.2. Le test audiométrique	64
3.3. Le test de l'Alouette	64
3.4. Le Bilan Auditif Central.....	65
3.4.1. La cotation des résultats recueillis au Bilan Auditif Central et les fonctions des épreuves proposées.....	65
3.4.1.1. L'épreuve d'intégration auditive de Lafon.....	65
3.4.1.2. L'épreuve d'écoute dichotique.....	66
3.4.1.3. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations	66
3.4.2. Le tableau récapitulatif des scores totaux pour chacune des épreuves du Bilan Auditif Central	67
3.4.3. La prévalence d'oreille.....	68
4. Les précautions méthodologiques	70
5. Les hypothèses opérationnelles	73
Troisième partie : Analyse des résultats	74
1. L'analyse des données.....	75
1.1. Les différents types de variables	75
1.2. L'analyse des résultats à l'épreuve de l'Alouette.....	75
1.2.1. Le recueil des résultats à l'épreuve de l'Alouette	75

1.2.2. L'analyse des résultats à l'épreuve de l'Alouette.....	76
1.3. L'analyse des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central	77
1.3.1. Le rappel des hypothèses opérationnelles	77
1.3.2. Le recueil des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central	77
1.3.2.1. La cotation des épreuves du Bilan Auditif Central en vue du recueil des résultats bruts.....	77
1.3.2.2. Le recueil des résultats étalonnés aux épreuves du Bilan Auditif Central	78
1.3.3. L'analyse des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central	79
1.3.3.1 La liste I de Lafon	79
1.3.3.1.1. La correction des résultats à la liste I de Lafon.....	79
1.3.3.1.2. L'analyse des résultats à la liste I de Lafon	81
1.3.3.2. L'épreuve d'écoute dichotique	84
1.3.3.2.1. Le cas particulier de l'enfant témoin A	84
1.3.3.2.2. L'analyse des résultats à l'épreuve d'écoute dichotique	84
1.3.3.3. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations	87
1.3.3.3.1. Le subtest des patterns de hauteur.....	87
1.3.3.3.2. Le subtest des patterns de durée	87
1.3.3.4. La prévalence d'oreille.....	89
2. Validation des hypothèses et discussion	91
2.1. La synthèse des résultats recueillis.....	91
2.2. La validation de l'hypothèse générale et des hypothèses opérationnelles	92
2.3. Les limites de notre expérimentation et les critiques du matériel	93
2.4. Les nouvelles perspectives	94
3. Positionnement personnel dans la recherche et les situations cliniques.....	96
3.1. Les difficultés rencontrées dans l'interprétation des résultats	96
3.2. Les difficultés rencontrées lors du recrutement des deux populations.....	97
3.3. L'apport des connaissances sur le système auditif central et les troubles du traitement auditif	98
3.4. L'acquisition de la maîtrise du BAC	99
Conclusion	100
Bibliographie	104
Annexes	113
Summary :	122

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des enfants de la population témoin et de la population porteuse de troubles dyslexiques	52
Tableau 2 : Récapitulatif des épreuves et des subtests à administrer en fonction de l'âge dans la version complète du BAC	60
Tableau 3 : Liste des épreuves de la version courte du BAC.....	61
Tableau 4: Ensemble du matériel utilisé pour la passation des épreuves du BAC	62
Tableau 5 : Nombre de points maximal pour chaque épreuve du BAC.....	68
Tableau 6 : Résultats des enfants de la population témoin à la lecture du texte de l'Alouette.....	76
Tableau 7 : Résultats étalonnés des enfants porteurs de troubles dyslexiques et des enfants témoins au BAC	79

Liste des figures

Figure 1 : Ecart d'âge en mois entre les enfants témoins et les enfants porteurs de troubles dyslexiques	53
Figure 2 : Comparaison des résultats non corrigés et corrigés à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon pour chaque enfant	80
Figure 3 : Comparaison des résultats non corrigés et corrigés à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon pour chaque enfant	81
Figure 4 : Comparaison des résultats corrigés des enfants des deux populations à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon	82
Figure 5 : Comparaison des résultats corrigés des enfants des deux populations à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon.....	82
Figure 6 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations à l'épreuve d'écoute dichotique	84
Figure 7 : Comparaison des résultats aux subtests d'oreille non désignée et d'oreille désignée pour chaque enfant	86
Figure 8 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations au subtest des patterns de hauteur.....	87
Figure 9 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations au subtest des patterns de durée	88

Figure 10 : Prévalence d'oreille chez les enfants témoins et les enfants porteurs de troubles dyslexiques	89
---	----

Liste des schémas

Schéma 1: Anatomie du système auditif central	31
---	----

Liste des annexes

Annexe 1: Liste des acronymes.....	113
Annexe 2 : Lexique	114
Annexe 3 : Modèle de Coltheart : modèle de lecture à doubles voies	118
Annexe 4 : Questionnaire d'anamnèse sur les informations relatives aux enfants.....	119
Annexe 5 : Tableau de répartition des classes d'âges pour les étalonnages du BAC	120
Annexe 6 : Résultats bruts des enfants au Bilan Auditif Central	121

Introduction

Le Bilan Auditif Central, paru en 2003, est un test belge francophone conçu dans le service d'oto-rhino-laryngologie (ORL) du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) Sarte Tilman de Liège. Le Bilan Auditif Central permet une évaluation de première ligne de l'audition centrale. Le département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy souhaite s'intéresser aux liens entre l'audition centrale et les troubles « Dys » (dyslexie, dysorthographie, dyspraxie, dyscalculie, dysphasie, troubles de l'attention). Un sujet de mémoire d'orthophonie s'intéressant à ces liens nous est ainsi proposé. C'est avec curiosité et enthousiasme que nous souhaitons explorer les liens entre le système auditif central et plus particulièrement les troubles dyslexiques.

Le système auditif central et ses dysfonctionnements, appelés « troubles du traitement auditif », constituent un domaine souvent peu connu des orthophonistes. Pourtant de plus en plus d'auteurs avancent l'existence de liens entre les troubles du traitement auditif et les troubles « Dys ». En 2009, Y. R Peñaloza-López réalise une étude intitulée *Assessment of central auditory processes in evaluated in Spanish in children with dyslexia and controls. Binaural Fusion Test and Filtered Word Test*. Cette étude s'intéresse aux capacités auditives centrales chez des enfants porteurs de troubles dyslexiques développementaux. Les résultats de cette étude montrent que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bons résultats que les enfants contrôles aux deux épreuves interrogeant le système auditif central.

Le système auditif central est un ensemble de structures anatomiques dédiées au traitement des informations perçues par le système auditif périphérique. Le système auditif central permet la localisation et la latéralisation d'une source sonore. De même, il pallie la dégradation de certains signaux sonores. Son rôle est également de séparer les informations perçues par chaque oreille ou au contraire de les fusionner. Enfin l'audition centrale intervient lorsqu'il s'agit de percevoir les variations en hauteur et en durée d'une source sonore, capacité indispensable pour extraire des informations mélodiques et intonatives d'un discours. Toutes ces fonctionnalités nous montrent l'importance de l'audition centrale dans la perception et la compréhension de la parole.

Les troubles dyslexiques développementaux sont définis comme un défaut d'automatisation des processus de bas niveau propres à la lecture, permettant l'identification et la reconnaissance des mots. A ce défaut d'automatisation s'ajoutent des faiblesses voire de réelles difficultés dans les habiletés sous-jacentes au langage écrit (perception fine de la parole, conscience phonologique, mémoire phonologique de travail, accès rapide au lexique,

connaissance du nom des lettres et du son des graphèmes). La maîtrise de ces habiletés est cependant indispensable à l'entrée dans le langage écrit.

Les causes du défaut d'automatisation des processus de bas niveau, de même que celles des faiblesses des habiletés sous-jacentes au langage écrit, ne font pas l'objet d'un consensus. La nature même des habiletés sous-jacentes au langage écrit concerne des habiletés du langage oral. Il est ainsi essentiel d'étudier l'intégrité du système auditif lorsque l'on interroge les performances du langage oral dans le cadre de troubles dyslexiques. Toutefois, un diagnostic de troubles dyslexiques exclut une surdité périphérique, qui ne peut être à l'origine des difficultés. Il est alors intéressant d'aller chercher au-delà de l'audition périphérique dans les structures du système auditif. Le système auditif est constitué du système auditif périphérique - très souvent connu et examiné - mais également du système auditif central.

Notre mémoire a pour objectif d'interroger les relations entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Nos nombreuses lectures nous amènent à formuler l'hypothèse générale qu'il existerait des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif.

La première partie de ce mémoire est consacrée aux données théoriques. Après avoir présenté les troubles dyslexiques et leurs mécanismes, nous exposons ce que sont le système auditif central et ses troubles pour enfin nous focaliser sur les liens mis en évidence par la littérature entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. La deuxième partie de ce mémoire décrit la méthodologie de notre expérimentation. Nous utilisons le Bilan Auditif Central (BAC) afin de comparer certains processus auditifs centraux dans un groupe d'enfants porteurs de troubles dyslexiques et dans un groupe d'enfants témoins. Tous les enfants sont vus au département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy. D'après nos différentes lectures portant sur les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif nous nous attendons à obtenir des performances moins bonnes aux épreuves du BAC dans le groupe des enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans le groupe des enfants témoins. Pour finir ce travail de recherche, la troisième partie de ce mémoire est consacrée à l'analyse des résultats recueillis aux différentes épreuves de notre expérimentation.

Première partie :
Partie Théorique

1. Les troubles dyslexiques

1.1. Les choix théoriques

Nous souhaitons tout d'abord définir les termes que nous employons dans cette première partie traitant des troubles dyslexiques. Nous jugeons le terme « **troubles dyslexiques** » plus approprié lorsqu'il s'agit de désigner les troubles spécifiques et durables que la personne rencontre lors d'une activité de lecture. En effet le terme de « dyslexie » ne prend pas en compte la grande **variabilité** des manifestations des troubles, de leurs gravités ni de leurs impacts sur la vie scolaire et sociale de la personne.

Lorsque la personne est également en difficulté pour les tâches d'écriture on parle de « **troubles dysorthographiques** » (ou plus couramment et plus simplement de « dysorthographie »). Ces troubles concernent l'acquisition et la maîtrise de l'orthographe. Les troubles dysorthographiques et les troubles dyslexiques sont souvent rassemblés sous le terme de « dyslexie-dysorthographie ». Nous prenons le parti de ne développer que la notion de troubles dyslexiques dans ce mémoire, tout en gardant à l'esprit qu'en pratique ces troubles sont très souvent associés.

Certains auteurs réservent le terme de « dyslexie » aux troubles dyslexiques développementaux et le terme « d'alexie » aux troubles acquis (en cas d'aphasie par exemple). Nous employons ici le terme de **troubles dyslexiques** en gardant à l'esprit que ces troubles sont **développementaux**.

1.2. Les définitions des troubles dyslexiques

Il est important de mentionner que la définition des troubles dyslexiques est en perpétuelle évolution et qu'elle est loin de créer des consensus. **Les troubles dyslexiques sont permanents et durables**, ils ne disparaissent pas mais la personne peut essayer de gérer ses difficultés au mieux. Il est important de comprendre que les troubles dyslexiques ne sont pas un simple retard. Ils font partie des troubles spécifiques du langage écrit, appartenant eux-mêmes aux troubles spécifiques des apprentissages (TSA). Ces troubles sont dits « primaires », ce qui signifie que leur origine est développementale. Ils ne peuvent pas être imputés à des anomalies

neurologiques, à un retard mental, une déficience auditive, un trouble sévère du comportement ou de la communication.

L'automatisation du code écrit (correspondance entre des graphèmes et des phonèmes) est particulièrement touchée. Cette automatisation est indispensable dans la **procédure d'identification des mots écrits**. Les habiletés associées à cette procédure sont elles aussi déficientes : la perception fine de la parole, la conscience phonologique, la mémoire phonologique de travail, l'accès rapide au lexique, la connaissance du nom des lettres et du son des graphèmes. Ces habiletés sont celles du langage oral et sont dites « **habiletés sous-jacentes au langage écrit** ». **L'accès à la compréhension** est une composante également touchée et entrave le mécanisme de lecture.

D'après le *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV* (DSM-IV), les critères pour la pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques sont les suivants :

- « 1. La caractéristique essentielle du trouble de la lecture est une faiblesse des réalisations en lecture (c'est-à-dire exactitude, rapidité et/ou compréhension, mesurées par des tests standardisés passés de façon individuelle), réalisations qui sont nettement au-dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel (mesuré par des tests) et d'un enseignement approprié à son âge.
- 2. La perturbation de la lecture interfère de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante faisant appel à la lecture.
- 3. S'il existe un déficit sensoriel, les difficultés en lecture dépassent celles habituellement associées à celui-ci. »

Le diagnostic de troubles dyslexiques ne peut se faire qu'après **exclusion**, à l'aide d'une anamnèse précise, de causes évidentes au trouble de la lecture : retard de langage oral, retard des acquisitions intellectuelles ou troubles psychologiques primaires. Des examens complémentaires sont également réalisés : examen ORL, ophtalmologique et neuropsychologique pour la mesure du quotient intellectuel (QI). Des tests de lecture doivent mettre en évidence l'importance qualitative du retard de lecture et l'importance qualitative et quantitative de la nature des erreurs. Le retard en lecture doit être au moins de dix-huit mois de décalage entre l'âge réel, dit « l'âge chronologique » et l'âge des performances en lecture, dit « l'âge lexique ». Certains auteurs vont jusqu'à deux ans de décalage entre ces deux âges. Les résultats aux tests doivent situer l'enfant au minimum à moins deux écart-types. Enfin, les performances après six mois de prise en charge orthophonique restent pathologiques et l'enfant ne pallie pas ses difficultés même s'il arrive à

développer des stratégies compensatoires.

Si l'on regarde maintenant les **critères positifs** ou « **d'inclusion** » des troubles dyslexiques et non pas les critères d'exclusion, Boder, en 1973, propose de se pencher sur le profil des erreurs. Aaron en 1982 propose d'analyser le niveau de compréhension. Les enfants porteurs de troubles dyslexiques comprennent en général ce qu'ils ont réussi à décoder, ce qui n'est pas le cas des enfants avec simple retard de lecture.

Nous constatons à la vue de ces différents critères d'exclusion et d'inclusion que la pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques ne pourra se faire qu'après des examens pluridisciplinaires. L'enfant doit rencontrer un orthophoniste, un psychologue, un médecin ORL, un pédopsychiatre, un ophtalmologiste et un orthoptiste afin de réaliser des diagnostics différentiels.

Ces différents éléments nous montrent que les définitions des troubles dyslexiques ne s'accordent pas toujours en fonction du modèle théorique de référence. La définition des troubles dyslexiques constitue encore une source de débat au sein de la communauté des professionnels concernés et des chercheurs.

1.3. Les voies de lecture

L'acte de lire correspond à l'identification des mots inconnus et à la reconnaissance des mots connus, auxquelles s'ajoute la compréhension. Ainsi, lire demande la mise en place et l'automatisation de deux stratégies de lecture complémentaires chez le lecteur expert. Afin d'expliquer la nature de ces stratégies, nous nous appuyons sur le modèle de lecture à double voie de Coltheart (voir annexe 1).

L'identification des mots inconnus se nomme également « procédure phonologique » ou « **assemblage** ». Cette procédure s'appuie sur la médiation phonologique, c'est-à-dire les règles de conversion grapho-phonémique. L'assemblage se réalise en deux étapes. Lors de la première étape, la segmentation graphémique du mot lu permet de le percevoir comme une suite de graphèmes. La seconde étape consiste à mettre en correspondance de ces graphèmes avec leurs phonèmes associés. La synthèse de ce traitement permet l'assemblage des phonèmes en syllabes puis des syllabes en mots.

Ces informations traitées sont conservées en mémoire à court terme, le buffer phonologique, avant que le sujet ne produise le mot lu à l'oral. La procédure d'assemblage

permet donc le traitement des mots réguliers (qui respectent les règles de conversions grapho-phonémiques) connus ou non connus du lecteur ainsi que celui des noms propres et des pseudo-mots. C'est donc une procédure qui permet au lecteur d'être indépendant face à l'acte de lire et d'enrichir son lexique orthographique de manière autonome.

La reconnaissance des mots connus est également appelée « procédure lexicale » ou « **adressage** ». La lecture d'un mot fait directement appel à ses représentations dans le lexique interne du sujet. Ce lexique interne regroupe les représentations orthographiques, sémantiques et phonologiques d'une unité lexicale. Ainsi, le mot est identifié grâce à sa forme orthographique globale et sa prononciation est extraite quasi simultanément. L'adressage se divise en deux branches distinctes. La branche non-sémantique correspond à la situation où un mot stocké dans le lexique orthographique d'entrée active immédiatement le mot oral correspondant dans le lexique phonologique de sortie. La branche sémantique permet au lecteur, à la reconnaissance de la représentation orthographique d'un mot, de récupérer ses représentations sémantiques et phonologiques dans sa mémoire à long terme. Le lecteur accède donc au sens en même temps qu'il accède à la prononciation du mot lu. La procédure d'adressage permet ainsi la lecture de mots connus réguliers ainsi que la lecture des homophones hétérographes et des mots irréguliers (pour lesquels les règles de conversions grapho-phonémiques ne sont pas appliquées).

Durant la lecture, les deux voies sont activées en parallèle. La voie d'adressage, plus rapide, est prioritairement utilisée lors de la lecture des mots familiers. Cependant, la voie d'assemblage reste indispensable car elle permet le contrôle sur ce qui a été lu. En cas d'erreur avec une lecture globale de la voie d'adressage, le lecteur peut s'auto-corriger grâce à la lecture analytique de la voie d'assemblage.

1.4. Les différents types de troubles dyslexiques

1.4.1. Les troubles dyslexiques de type phonologique

Les **troubles dyslexiques de type phonologique** se caractérisent par une atteinte de la voie d'assemblage (phonologique) avec une préservation de la voie d'adressage (lexicale).

Le sujet a des difficultés à identifier des mots inconnus, des mots peu familiers et des pseudo-mots, ce d'autant plus qu'ils sont longs. Le sujet présente un trouble dans la

compréhension et l'utilisation des règles de conversion grapho-phonémique. On note alors des erreurs d'ordonnancement (inversions, ajouts) et des erreurs de substitution de graphèmes visuellement proches ou de mots graphiquement proches. Le sujet présente aussi des difficultés de discrimination perceptive avec des confusions entre les phonèmes sourds et sonores ([p]/[b] ou [t]/[d]).

Les troubles dyslexiques de type phonologique proviennent d'une difficulté à acquérir les traces mnésiques des graphèmes. La mémorisation d'un stock de mots réguliers et irréguliers est possible du fait de la voie lexicale fonctionnelle. Cependant la mémorisation globale de nouveaux mots est enrayée par les faibles capacités de mise en correspondance grapho-phonémique. La compréhension des mots écrits reste le plus souvent correcte tandis que celle des textes est moins précise voire lacunaire. Les capacités cognitives sont mobilisées par la tâche d'assemblage ce qui laisse peu de place à l'implication des traitements de haut niveau permettant la compréhension.

1.4.2. Les troubles dyslexiques de surface

Les **troubles dyslexiques de surface** se caractérisent par une atteinte de la voie d'adressage (la voie lexicale) avec une préservation de la voie d'assemblage (la voie phonologique).

Le sujet éprouve des difficultés à reconnaître des mots irréguliers sans possibilité de suppléer par le contexte. Le lexique orthographique est très pauvre. La lecture des mots réguliers et des pseudo-mots est relativement préservée. On observe des erreurs de régularisation, où le sujet lit un mot irrégulier en respectant les règles de conversion grapho-phonémique analytiques et n'adresse pas le mot dans sa globalité. On observe aussi des difficultés majeures pour la définition de noms homophones hétérographes. L'accès au sens est très perturbé.

1.4.3. Les troubles dyslexiques mixtes

Les **troubles dyslexiques mixtes** correspondent à des troubles massifs et sévères de la lecture. Ils peuvent se caractériser par l'atteinte des deux voies de lecture d'assemblage et d'adressage. Il peut également s'agir d'une atteinte de la voie phonologique avec une mauvaise mémoire visuelle ou d'une atteinte de la voie lexicale avec des troubles de la discrimination

perceptive. Le sujet éprouve des difficultés à comprendre et appliquer les règles de conversions grapho-phonémiques (rendant difficile la lecture de mots inconnus et de pseudo-mots). De plus, le lexique orthographique est très pauvre (rendant difficile la reconnaissance de mots connus). La compréhension écrite est donc très déficiente voire quasiment inexistante.

1.5. La symptomatologie des troubles dyslexiques

A l'oral, les tests de dénomination rapide montrent un accès déficient au lexique. Le manque du mot, souvent fréquent, peut aller jusqu'à des troubles de compréhension du langage oral.

La plus grande partie des troubles se retrouvent en lecture. L'enfant a du mal à passer d'une ligne à l'autre, et lorsqu'il est face à un nouveau mot, on observe une tendance à présumer sa structure au hasard.

La lecture est entachée d'erreurs auditivo-verbales : l'enfant confond des lettres dont les sons sont proches phonétiquement. Les erreurs apparaissent souvent lorsque les traits distinctifs proches concernent par exemple le voisement (qui différencie [b] et [p]) ou le lieu d'articulation (qui différencie [t] et [p]). On observe également des erreurs visuo-orthographiques qui touchent les lettres proches visuellement (b/d, m/n, p/q). Toutefois ce type d'erreur signe également un appui phonologique insuffisant.

D'autres types d'erreurs sont observés au cours de la lecture : des lettres sont inversées (« tir » devient « tri »), les graphies complexes (« oin », « ein ») et contextuelles ((g) ou (s)) sont mal maîtrisées. Des phonèmes, ainsi que des mots, sont omis ou ajoutés et la segmentation des mots est souvent erronée. La mémoire phonologique de travail est saturée. En effet, l'enfant se retrouve en situation de surcharge cognitive du fait du manque d'automatisation des voies de lecture. La lecture à voix haute ne tient pas assez compte du rythme des phrases, de la ponctuation et des liaisons. La lecture oralisée est hachée, saccadée et reste source de stress et d'appréhension. On observe un allongement de la durée des tâches langagières (en lecture, en dénomination et en métaphonologie). Toutes ces difficultés entravent l'identification et/ou la reconnaissance des mots, ainsi que leur compréhension. La compréhension des phrases et des textes est également altérée.

A ces difficultés en lecture s'ajoutent des troubles de la mémoire immédiate, une plus grande fatigue et une plus grande distractibilité. L'état émotionnel est souvent responsable d'une augmentation du nombre d'erreurs et joue sur la grande variabilité dans la réalisation d'une

même tâche. Toutes ces difficultés amènent l'enfant à mettre en place des processus d'évitement et sont source d'une grande appréhension de l'écrit dont il faut tenir compte.

1.6. Les hypothèses étiologiques des troubles dyslexiques

Nous choisissons de présenter plusieurs théories explicatives des troubles dyslexiques. Ces théories font encore l'objet de nombreuses études afin d'en démontrer la pertinence. Cependant, actuellement, aucune des théories ne peut expliquer toutes les difficultés rencontrées par l'ensemble des personnes porteuses de troubles dyslexiques.

1.6.1. Les hypothèses étiologiques génétique et anatomo-physiologiques

1.6.1.1. La théorie génétique

Le risque de présenter des troubles dyslexiques chez un individu est huit à dix fois plus élevé lorsqu'un parent proche est porteur de troubles dyslexiques. La composante familiale n'est donc pas à négliger. Cependant, la composante génétique ne doit pas exclure le critère de l'environnement. Par exemple des parents qui lisent peu pourraient ne pas créer un environnement favorable pour le développement de la lecture chez un enfant.

L'étude des jumeaux permet de calculer l'héritabilité, c'est-à-dire le pourcentage de la variance expliquée par les facteurs génétiques. Si un jumeau monozygote présente des troubles dyslexiques le risque que son jumeau en présente aussi est de 70%, contre 45% dans le cas de jumeaux dizygotes (Plomin et coll., 1994 ; Stromswold, 2001). L'analyse du génome a permis de retenir quatre gènes qui peuvent être associés à une susceptibilité génétique aux troubles dyslexiques : les gènes DYX1C1 (Taipale et coll., 2003), KIAA0319 (Londin et coll., 2003), DCDC2 (Meng et coll., 2005b) et ROBO1 (Nopola-Hemmi et coll., 2001). Ces quatre gènes interviennent dans la migration neuronale au cours du développement cérébral. Il est important de ne pas parler de gènes de troubles dyslexiques mais de **gènes dont certains allèles peuvent augmenter le risque de présenter des troubles dyslexiques**.

1.6.1.2. La théorie anatomique

La grande hétérogénéité des symptômes des troubles dyslexiques pourrait provenir de la **localisation variable des anomalies micro structurales**. Une présence d'ectopies neuronales (positions anormales de structures) et de dysplasies (anomalies dans le développement d'un tissu) (Galaburda et coll., 1985) suggèrent l'existence d'un trouble de la migration et de la maturation neuronale. Ces anomalies perturberaient le transfert des différentes informations nécessaires à la mise en place de la lecture par exemple. Des ectopies corticales pourraient également affecter les régions thalamiques et créer des déficits du traitement temporel.

La neuro-imagerie a permis de révéler des asymétries anormales au niveau des lobes temporaux et pariétaux chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques (Leonard C.M., Eckert M., 2008). Des anomalies sont présentes dans des régions cérébrales impliquées dans le traitement auditif, au niveau par exemple du planum temporale. Chez la majorité des sujets sans troubles de la lecture on observe un planum temporale plus large à gauche. Une asymétrie exagérée vers la droite ou une symétrie des hémisphères gauche et droit est remarquée chez les sujets porteurs de troubles dyslexiques.

Il est important de souligner que ces particularités anatomiques ne se retrouvent pas chez tous les sujets porteurs de troubles dyslexiques et que les résultats des études sont fréquemment en contradiction. En effet les populations de sujets testés sont souvent très hétérogènes. Les résultats sont influencés par la latéralité des sujets, la gravité de leurs troubles, les déficits associés et les phénomènes de compensation mis en place.

1.6.1.3. La théorie cérébelleuse

Une atteinte du cervelet pourrait affecter la lecture. Le cervelet est impliqué dans le **contrôle des mouvements oculaires, dans l'attention visuo-spatiale et dans la vision périphérique, éléments indispensables à l'acte de lire** (Stein et Walsh, 1997). Plusieurs éléments orientent les chercheurs sur la piste d'un déficit de la fonction cérébelleuse : un retard du développement moteur, des troubles de nature temporelle (difficulté à se repérer dans le temps par exemple), des troubles de la coordination motrice et des troubles de l'équilibre (Fawcett et Nicolson, 1999). Fawcett et Nicolson soulignent le **déficit d'automatisation**, en faisant référence au rôle du cervelet dans l'apprentissage général et plus particulièrement dans celui des procédures. Une hypothèse sur le déficit cérébelleux, faisant le lien avec les troubles

phonologiques, est alors avancée (Ivry et Justus, 2001 ; Nicolson et coll., 2001). L'articulation étant primordiale dans l'apprentissage de la langue, un déficit de sa mise en place aurait des répercussions sur deux processus indispensables à la lecture : la boucle articulatoire et la conscience phonologique.

Une critique importante de la théorie cérébelleuse est les déficits ne se retrouvent que chez certains sous-groupes de sujets porteurs de troubles dyslexiques (Démonet et coll. 2004). Une autre critique de la théorie cérébelleuse peut être avancée. La théorie cérébelleuse s'appuie sur le fait que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont des difficultés dans des tâches impliquant le cervelet. Ces tâches sont principalement des tâches motrices. Cependant seulement la moitié des enfants porteurs de troubles dyslexiques semblent présenter des troubles moteurs. Enfin nous pouvons apporter une dernière critique à cette théorie. Dans la population des enfants présentant une infirmité motrice cérébrale, seule une partie d'entre eux souffrent de troubles cérébelleux. De manière empirique on observe que tous les enfants appartenant à ce sous-groupe ne présentent pas de troubles dyslexiques.

1.6.1.4. La théorie magnocellulaire

Les cellules magnocellulaires, qui constituent 10% des cellules ganglionnaires de la rétine (Shapley et Perry, 1986), permettent une **analyse grossière des stimuli** - et non pas une analyse des détails fins de l'objet. Elles permettent également une **analyse des stimuli brefs en mouvement et des informations périphériques**. Livingstone et coll. (1991) démontrent l'existence d'une atteinte du système visuel magnocellulaire chez les sujets porteurs de troubles dyslexiques. Cependant ces résultats sont loin de faire l'unanimité et ne se retrouvent pas dans un grand nombre d'études. L'étude de Spinelli et coll. (1997) démontre que les troubles visuels magnocellulaires ne s'observent que chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques avec troubles phonologiques associés. Les études de Talcott et coll. (2000) et Huslander et coll. (2004) révèlent quant à elles qu'il n'y a pas de lien entre les performances aux épreuves magnocellulaires visuelles et les aptitudes phonologiques.

En 1980 et 1993, Tallal avance l'hypothèse que les enfants porteurs de troubles dyslexiques auraient des difficultés à traiter les informations temporelles rapides visuelles et auditives à cause d'une atteinte conjointe des systèmes magnocellulaires visuel et auditif. L'hypothèse du déficit magnocellulaire évolue ainsi vers une hypothèse de co-occurrence de troubles phonologiques et de troubles visuels magnocellulaires : **un trouble amodal des**

systèmes magnocellulaires auditifs et visuels. En effet, les informations auditives et visuelles, traitées par le système magnocellulaire, convergent vers la même zone du cerveau, dans le cortex pariétal postérieur. Witton et coll. souhaitent conforter cette hypothèse de Tallal. Leur étude montre que, chez des adultes porteurs de troubles dyslexiques, les seuils de détection auditive et visuelle sont corrélés entre eux et sont reliés aux performances en lecture de pseudo-mots. Les auteurs concluent ainsi à un déficit de traitement des informations temporelles auditives identique aux informations visuelles. Au niveau anatomique, Galaburda et coll (1985) relèvent des anomalies chez des adultes porteurs de troubles dyslexiques au niveau des cellules magnocellulaires dédiées au traitement des informations visuelles. Plus tard, en 1994, ces mêmes auteurs mettent en évidence des anomalies, chez d'autres adultes porteurs de troubles dyslexiques, des cellules magnocellulaires dédiées au traitement des informations auditives. Cependant l'étude de Ramus et coll. (2003) montre quant à elle que seule une faible proportion de sujets porteurs de troubles dyslexiques possédant des troubles phonologiques présente à la fois des difficultés de traitement des sons de parole et des difficultés de traitement visuel magnocellulaire.

L'ensemble des études citées permettent de montrer l'existence d'anomalies structurelles à différents niveaux cérébraux. Ces anomalies peuvent avoir des conséquences différentes sur les modalités de traitement des informations sensorielles. Certaines particularités anatomiques (déterminées génétiquement ou non) peuvent entraîner des déficits du traitement temporel et du traitement auditif. Des anomalies cérébelleuses entraîneraient elles aussi des déficits du traitement temporel. Ces anomalies sont également responsables de difficultés d'automatisation de procédures nécessaires aux apprentissages, notamment les procédures liées à l'acquisition de la lecture. Enfin, les anomalies cérébelleuses peuvent avoir des répercussions sur l'articulation d'un sujet et ainsi altérer la boucle audio-phonatoire, nécessaire à la mise en place d'un système phonologique pertinent. Des anomalies magnocellulaires entraîneraient des difficultés de traitement des informations auditives et visuelles. Toutes les anomalies structurelles que nous venons de présenter peuvent impacter les habiletés sous-jacentes au langage écrit et donc être en lien avec certains types de troubles dyslexiques.

1.6.2. Les hypothèses étiologiques fonctionnelles

Il est important d'expliquer que les troubles phonologiques constituent la cause la plus

répandue et communément admise pour expliquer les troubles dyslexiques.

Nos lectures nous montrent que les chercheurs attendent d'une théorie explicative qu'elle réponde à plusieurs critères. En raison de la place importante qu'occupent les troubles phonologiques dans les troubles dyslexiques, les chercheurs souhaitent tout d'abord qu'une **théorie soit corrélée avec les capacités phonologiques**. Ils cherchent également à ce qu'une **théorie explicative soit prédictive du niveau de lecture actuel ou ultérieur**.

Certaines théories que nous présentons ici ne sont pas directement en lien avec les troubles phonologiques cependant nous jugeons intéressant de les exposer afin d'ouvrir des pistes de réflexion.

1.6.2.1. La théorie phonologique

La théorie phonologique classique s'appuie sur la définition des troubles dyslexiques, à savoir un trouble de l'automatisation du code écrit. Nous voyons plus tôt que l'enfant peut soit procéder par assemblage soit par adressage lorsqu'il lit. La théorie phonologique met donc en avant les faiblesses des habiletés d'analyse phonémique et de la mémoire à court terme phonologique chez les sujets porteurs de troubles dyslexiques. Cette théorie phonologique inclut d'autres capacités, qui ne sont pas directement liées à l'acte de lire, comme celles de la précision et de la rapidité de l'accès au lexique nécessaires à l'identification en lecture.

De nombreuses études soulignent la pertinence de la théorie phonologique étant donné que **l'analyse des capacités phonologiques précoce permet de prédire de manière fiable le futur niveau de lecture et d'écriture des enfants** (Castles et Coltheart, 2004).

Certains auteurs avancent l'hypothèse d'un déficit spécifique du traitement des sons de la parole (et non pas du traitement des sons en général) comme théorie explicative du déficit phonologique (Serniclaes et coll., 2001).

Une nouvelle théorie explicative du déficit phonologique apparaît ces dernières années : **la théorie du « double déficit »**. Les sujets porteurs de troubles dyslexiques catégorisent moins bien les phonèmes de leur langue et discriminent mieux les différences intra-catégorielles, c'est-à-dire les allophones d'un même phonème. Les allophones ne sont cependant pas des unités pertinentes de la langue. Cette théorie permettrait de proposer la présence d'un syndrome sous-jacent aux différentes difficultés élaborées par la théorie du déficit phonologique classique. Ainsi, avec un répertoire allophonique plus important qu'un répertoire phonémique classique, l'établissement de la correspondance grapho-phonémique est complexe. Ce « double déficit »

expliquerait les difficultés de manipulations phonémiques lors d'épreuves d'analyse phonémique. De même, dans ce « double déficit », les difficultés de la mémoire à court terme phonologique seraient dues au poids des informations stockées que l'enfant a à traiter et à manipuler. Toutes ces difficultés entraveraient également les capacités de dénomination rapide où l'enfant ne peut pas récupérer avec précision et rapidité la forme phonologique d'un mot.

La présence de déficits phonologiques chez la plupart des enfants porteurs de troubles dyslexiques justifie la pertinence de la théorie phonologique. Il est toutefois important de souligner la principale critique qui est faite à la théorie phonologique. La mise en place de la lecture améliore la conscience phonologique. Des enfants ayant des difficultés en lecture ont donc des scores moins bons dans les épreuves de conscience phonologique. Le faible niveau de conscience phonologique pourrait donc tout aussi bien être la cause ou la conséquence du retard d'acquisition de la lecture.

1.6.2.2. La théorie du traitement temporel

En 1980, l'étude de Tallal avance l'origine perceptive des troubles dyslexiques. Les enfants porteurs de troubles dyslexiques de cette étude ont des résultats déficitaires dans le traitement des événements brefs et de succession rapide que Tallal compare aux événements articulatoires des consonnes. D'une part les résultats à ce subtest expliquent les difficultés de la discrimination phonémique, d'autre part ils sont corrélés à la performance en lecture de pseudo-mots chez ces mêmes enfants. Un déficit du traitement temporel aurait donc des répercussions importantes sur les habiletés sous-jacentes à la conversion grapho-phonémique. Toutefois, cette étude ne porte que sur des sons non-verbaux donc elle ne permet pas d'assurer le caractère spécifiquement linguistique ou non de ce déficit. L'étude de Heiervang et coll., 2002 confirme la thèse de Tallal même si le déficit temporel ne se retrouve pas chez la majorité des sujets porteurs de troubles dyslexiques. Ces auteurs proposent une autre interprétation de ce déficit du traitement temporel. **S'il est présent précocement et s'il est suffisant pour enrayer la mise en place des représentations phonologiques**, il pourrait laisser place à un déficit plus ou moins sévère des processus phonologiques quand bien même il disparaîtrait avec le temps. De nombreux auteurs sont opposés à ces théories car elles ne prennent pas en compte les aspects du langage spécifiquement liés aux troubles du langage écrit. Pour ces auteurs, ce déficit temporel ne s'observe que chez une minorité d'enfants porteurs de troubles dyslexiques, et les difficultés ne se constatent pas qu'aux stimuli brefs ou rapides (Share et coll. 2002). De plus, les déficits

perceptifs sont souvent non corrélés aux problèmes phonologiques (Bertherton et Holmes, 2003).

D'après l'étude de Daffaure et coll. 2001, **la perception de la durée et le jugement d'ordre temporel seraient fortement corrélés à la performance de la conscience phonologique**. Cependant, cette étude montre que ces deux facteurs ne seraient pas corrélés entre eux. Ainsi, nous pouvons conclure que chaque aspect du traitement temporel (la perception de la durée et le jugement d'ordre temporel) intervient séparément dans la construction de la conscience phonologique.

Afin de souligner l'aspect intermodalitaire de ce déficit, il faut confronter plusieurs modalités de traitement pour une même tâche chez un même sujet. Hairston et coll. 2005 montrent avec leur étude que les sujets porteurs de troubles dyslexiques ont une fenêtre d'intégration d'indices visuels et auditifs plus étendue que celle du groupe témoin. Selon ces auteurs, la fenêtre temporelle anormalement étendue aurait des répercussions sur la tâche de lecture qui met en lien différentes modalités, visuelles et auditives, comme lors de la tâche de conversion grapho-phonémique. Cette fenêtre altérerait ainsi les processus dépendant du couplage rapide et précis d'informations de natures différentes nécessaires à la tâche de lecture.

1.6.2.3. Les théories attentionnelle et visuo-attentionnelle

Geiger et coll. (1992) détectent des **troubles de l'attention visuelle** chez de jeunes adultes dyslexiques : l'identification des lettres les moins excentrées est plus faible que chez les normo-lecteurs et meilleure pour les lettres les plus excentrées, comme s'il existait un déficit d'inhibition des informations périphériques. Cette hypothèse est renforcée par l'étude de Rayner et coll. (1989) : moins les informations périphériques sont pertinentes meilleure est la lecture des adultes porteurs de troubles dyslexiques. Cette hypothèse d'un trouble de l'attention visuelle est soutenue par un trouble sélectif lors de la recherche de cibles parmi des distracteurs, également relevé dans de nombreuses études. Iles et coll. (2000) et Buchholtz et McKone (2004) soulignent d'ailleurs que la recherche d'items est anormalement longue chez des enfants porteurs de troubles dyslexiques.

L'hypothèse visuo-attentionnelle soutiendrait la présence d'une mini-négligence gauche, associée à une hyper-sensibilité aux stimuli apparaissant dans le champ droit c'est-à-dire un déficit d'inhibition droite (Facoetti et Molteni, 2001 ; Facoetti et coll., 2003a). L'étude de Facoetti et coll. (2000a et b et 2001) révèle également la difficulté pour les enfants porteurs de troubles dyslexiques à désengager leur attention. Toutefois cette difficulté, établie par la lecture

de pseudo mots, pourrait simplement provenir des troubles phonologiques et non visuo-attentionnels. La principale critique faite à la théorie visuo-attentionnelle est de même nature que celle faite à la théorie phonologique. L'apprentissage de la lecture entraîne les capacités visuo-attentionnelles. Il ne serait pas étonnant que des enfants qui lisent moins développent de moins bonnes capacités visuo-attentionnelles.

Une nouvelle perspective s'intéresse à un **trouble de l'empan visuo-attentionnel**. Lorsque nous lisons, une fenêtre visuo-attentionnelle s'adapterait à la taille du mot à lire et l'attention se focaliserait sur un ensemble d'éléments. L'étude de Bosse et coll. (2006) réussit à faire le lien entre les performances d'enfants présentant des troubles dyslexiques aux épreuves visuo-attentionnelles et aux épreuves de lecture. D'après ces auteurs, l'aspect prédictif de l'empan visuo-attentionnel pour le niveau de lecture souligne la possibilité d'un lien entre déficit de l'empan visuo-attentionnel et troubles dyslexiques.

Ces différentes théories explicitent les difficultés rencontrées par les sujets porteurs de troubles dyslexiques. Les déficits de traitement temporel et de nature phonologique ont des influences négatives sur l'ensemble des habiletés sous-jacentes au langage écrit. Les théories attentionnelle et visuo-attentionnelle ne sont pas directement en lien avec la théorie phonologique cependant elles sont intéressantes à prendre en compte. En effet elles impactent directement sur la compétence de lecture.

1.7. La prise en charge des troubles dyslexiques

Notre propos ici n'est pas de faire un inventaire des différentes méthodes de rééducation des troubles dyslexiques. Nous nous proposons plutôt d'envisager un point de vue, parmi d'autres, de la prise en charge orthophonique. On peut observer des changements dans la façon de prendre en charge les patients durant ces dernières années. Les prises en charge passent de techniques très analytiques à des méthodes plus globales. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) conseille d'ailleurs de mettre en place une éducation thérapeutique des patients afin qu'ils apprennent à gérer au mieux leurs troubles.

Bien souvent l'application d'une méthode est loin de répondre aux difficultés d'un patient ayant des troubles dyslexiques. C'est bien l'adaptation des interventions du thérapeute aux besoins du patient et à ses difficultés au niveau du langage écrit qui permettent une prise en charge pertinente et dynamique. En raison de la durabilité des troubles, la rééducation n'a pas

pour objectif la récupération des compétences nécessaires à la maîtrise du langage écrit. Ainsi la mise en place d'une éducation thérapeutique a pour but de développer avec l'enfant la conscientisation de ses difficultés. Il s'agit pour lui de devenir acteur dans la gestion de ses troubles, de mieux les comprendre et d'être capable de les expliquer. L'enfant est ainsi plus à même de faire entendre ses besoins et d'en informer son entourage. Cette nouvelle posture transforme une prise en charge seulement orthophonique en un « système thérapeutique » faisant intervenir l'enfant, sa famille, l'orthophoniste et le système scolaire. Tous ces nouveaux intervenants participent à une meilleure gestion des difficultés de l'enfant. Les objectifs sont de développer des adaptations à ses difficultés à l'aide de stratégies de compensation et de contournement.

Les stratégies de compensation consistent à développer la voie ou les voies de lecture ainsi que les habiletés sous-jacentes qui sont déficitaires.

La rééducation de la **voie d'assemblage** commence par installer la conscience phonologique, nécessaire à la construction et à la compréhension des règles de la correspondance phonèmes-graphèmes. Ces deux compétences sont inter-dépendantes car elles permettent leur acquisition réciproque. Une fois ces connaissances analytiques établies, il est nécessaire de passer à l'assemblage permettant l'identification du mot dont les représentations phonologiques sont stockées en mémoire à long terme. L'entraînement de cette voie d'assemblage permet au lecteur expert de créer son lexique orthographique, nécessaire au bon fonctionnement de la voie d'adressage.

La rééducation de la **voie d'adressage** a pour objectif de développer un stock orthographique. Pour cela, de nombreuses études montrent l'intérêt de la sensibilisation à la morphologie de la langue. L'objectif est de familiariser l'enfant à la construction des mots en travaillant à partir de radicaux ou encore d'affixes et d'établir des régularités. Il s'agit ainsi de contribuer à diminuer l'effort en lecture. Cet objectif est également recherché lors de l'entraînement de la rapidité d'évocation et de la fluidité de la lecture. Plus un mot est lu, plus il est fréquent dans le stock lexical de l'enfant, ce qui lui permet de renforcer et de mettre en lien ses représentations orthographiques, phonologiques et sémantiques. Ceci favorise ainsi la rapidité d'évocation en lecture.

L'objectif de la lecture reste la **compréhension** cependant celle-ci est souvent mise à mal par le coût attentionnel et mnésique des stratégies de lecture. Pour cela, il est, entre autre, important de donner l'accès au contexte du texte qui facilite l'accès à l'identification des mots.

Les techniques de contournements s'appuient sur les **aides humaines et/ou techniques**. De manière générale, l'objectif est de contourner ou de limiter la lecture car celle-ci est de moins en moins fonctionnelle plus les exigences scolaires sont importantes. Les professeurs sont invités à donner leurs cours en version informatisée, adapter leurs supports au niveau de leurs mises en page, lire les consignes à voix haute et s'assurer de leur bonne compréhension, mettre en place une notation positive, faire attention au fond et non à la forme, interroger l'enfant préférentiellement à l'oral plutôt qu'à l'écrit. Les orthophonistes et les ergothérapeutes peuvent proposer des adaptations informatiques dotées de logiciels de dictée vocale et de lecture de documents numériques par synthèse vocale.

Notre mémoire s'intéresse aux liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Après nous être penchées sur les troubles dyslexiques, nous nous intéressons maintenant à décrire le système auditif central et ses troubles.

2. Le système auditif central

2.1. L'anatomie du système auditif central

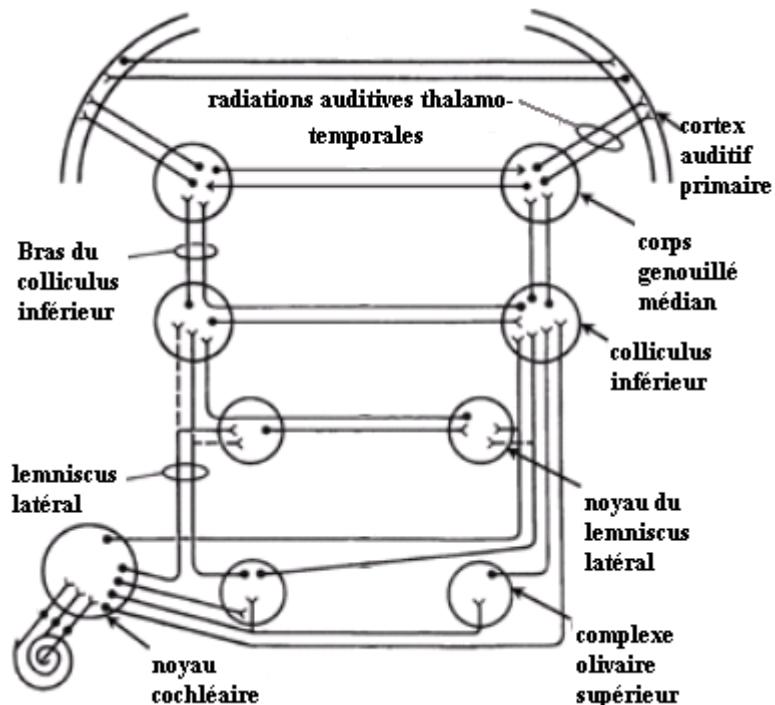


Schéma 1: Anatomie du système auditif central

Le système nerveux auditif central débute à **l'entrée du nerf vestibule-cochléaire dans le tronc cérébral**. Il est constitué de voies auditives **afférentes** (qui se projettent bilatéralement avec une prédominance controlatérale, représentant 70% à 80% des afférences) et des voies auditives **efférentes** (qui sont une image en miroir des voies auditives afférentes). Les **commissures** sont les lieux de décussation des neurones ascendants à chaque étage, ce qui permet de lier les structures semblables dites « relais » à gauche et à droite. Ce lien permet entre autre le traitement binaural, c'est-à-dire le traitement auditif complexe des informations perçues par chaque oreille. Les nombreuses **structures relais** qui se succèdent à partir du tronc cérébral jusqu'au cortex sont les suivantes :

- **le noyau cochléaire**, situé à la jonction bulbo-protubérantielle. Il décode la durée, l'intensité et la fréquence des sons simples. Des mécanismes d'inhibition permettent d'améliorer le rapport signal/bruit.

- **le complexe olivaire supérieur**, situé à la jonction bulbo-protubérantielle. Les afférences sont bilatérales à partir de ce niveau, ce qui permet un traitement binaural des informations sonores. La localisation spatiale sonore est basée sur les différences interaurales de délai et d'intensité (perception et traitement de ces différences entre les deux oreilles) et sur le démasquage binaural (traitement d'une information dégradée ou perçue en situation adverse d'écoute).

- **le noyau du lemniscus latéral**, situé dans la protubérance bulbaire. Cette structure intervient également dans la localisation spatiale auditive.

- **le colliculus inférieur**, situé dans le mésencéphale. Il constitue le premier centre sous-cortical d'intégration des informations auditives complexes et intervient dans la localisation spatiale et dans la perception des sources sonores en mouvement.

- **le corps genouillé médian**, situé dans le diencéphale. Il est le noyau principal du thalamus auditif et possède également un rôle prépondérant dans le traitement des sons complexes et dans la latéralisation auditive.

- **le cortex auditif primaire** (traitement des sons purs et des variations temporelles), le cortex auditif **associatif secondaire** (sons complexes et variations spectrales) et **tertiaire** (fonctions plus complexes telles que le langage, l'attention sélective et la mémoire auditive), situés dans le télencéphale. Ces cortex auditifs se projettent dans le lobe temporal. Les voies auditives transcalleuses permettent de relier les corps calleux gauche et droit.

Les **voies auditives efférentes** se terminent par le système efférent olivo-cochléaire médian. Sa fonction inhibitrice sur les cellules ciliées externes régule l'activité cochléaire, ce qui permet l'augmentation des capacités de détection de sons en présence de bruit.

2.2. Les fonctionnalités du système auditif central

Selon l'American Speech and Hearing Association, l'ASHA, le système auditif central (SAC) correspond aux processus de perception des informations auditives au niveau du système nerveux central ainsi qu'aux activités neurobiologiques sous-jacentes.

L'ensemble des structures du SAC présente une organisation tonotopique. Les organisations des sous-structures neuronales du SAC et le traitement des informations auditives correspondent aux organisations structurelles de la cochlée desquelles les informations sont issues. Le système auditif central permet à un sujet d'effectuer **la localisation** et **la latéralisation**

d'un son, la discrimination auditive d'un son, la discrimination phonémique, la reconnaissance d'un pattern auditif - un « motif » sonore qui concerne la fréquence, l'intensité et la durée - et **la détection des intervalles de temps** séparant deux stimulations.

Le SAC permet également le traitement des **aspects temporels de l'audition**. Les capacités de **jugement d'ordre temporel**, de **discrimination temporelle** et de **masquage temporel** sont des capacités qui permettent l'analyse des propriétés acoustiques des signaux sonores provenant de chaque oreille. La capacité **d'intégration temporelle** correspond à la capacité à fusionner les informations temporelles provenant des signaux acoustiques.

Le SAC est aussi responsable des possibilités d'identification et de reconnaissance du signal acoustique dans des situations adverses d'écoute ainsi qu'à partir d'un signal acoustique dégradé, il s'agit du **démasquage binaural**. La compétence de représentation stable des aspects temporeux, spatiaux et spectraux des sons s'appelle **la binauralité**. La binauralité est responsable d'un traitement auditif complexe qui n'est pas une simple addition des informations auditives provenant de chaque oreille. Elle correspond, selon C. Cotte et coll. (2006) à quatre différents effets. Premièrement **l'effet de l'ombre de la tête** permet la localisation sonore. Les différences temporelles et fréquentielles au niveau des deux oreilles sont analysées et fournissent des indices quant à localisation de la source sonore. Ensuite, **la sommation de sonie** correspond à une augmentation du confort d'écoute. Celle-ci est le résultat d'un traitement cérébral qui s'appuie sur le fait que chaque oreille reçoit une information avec une certaine quantité d'énergie s'ajoutant l'une à l'autre. **Le démasquage binaural** permet de repérer un son dans une situation d'écoute bruyante. Enfin **la localisation monaurale**, contrairement aux autres compétences, est une compétence acquise qui permet de localiser un son provenant d'une seule oreille.

Le SAC possède un rôle primordial dans la compréhension du signal sonore détecté par le système auditif périphérique. Nous pouvons donc envisager qu'un enfant ayant un fonctionnement altéré du SAC serait en difficulté face à l'analyse fine et précise que requiert le langage oral. Nous rappelons que la maîtrise des habiletés du langage oral est primordiale pour l'entrée dans le langage écrit.

2.3. Les troubles du traitement auditif

Un trouble du traitement auditif (TTA) est un trouble du traitement spécifique à la modalité auditive : le sujet présente un audiogramme tonal normal mais n'est pas capable

d'analyser ni de traiter correctement les sons entendus. Un trouble du traitement auditif peut être un trouble **développemental** ou bien un trouble **acquis**.

Les troubles du traitement auditif **développementaux** correspondent à des déficits dans le traitement neuronal des stimuli auditifs, qui ne sont pas dus à des facteurs de haut niveau, langagiers ou cognitifs. Cependant les troubles du traitement auditif peuvent **être associés à des difficultés** dans les fonctions supérieures, langagières, communicatives ou à des difficultés dans les apprentissages. Les troubles du traitement auditif développementaux peuvent également être **liés à d'autres troubles** (trouble du langage, trouble des apprentissages et trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité : TDA-H) mais ne sont en aucun cas la conséquence de ces troubles.

Les troubles du traitement auditif **acquis** résultent d'une destruction des voies et centres nerveux nécessaires à la perception et l'intégration des sons, en cas par exemple, de troubles du traitement auditif syndromiques ou bien de maladies neurologiques. Un trouble du traitement auditif touche les voies auditives supérieures, c'est-à-dire les voies auditives au niveau du tronc cérébral et du cerveau.

Nous parlons de « troubles du traitement auditif » et non pas de « troubles auditifs centraux » car nous ne pouvons, à l'heure actuelle, être sûrs que les troubles soient exclusivement centraux et non pas également périphériques.

2.4. La symptomatologie des troubles du traitement auditif

2.4.1. La symptomatologie des troubles du traitement auditif développementaux

Nous retrouvons chez les personnes atteintes de TTA développementaux certains traits comportementaux. Il leur est par exemple difficile de comprendre la parole lorsqu'un signal compétitif est perçu simultanément. La difficulté de compréhension de la parole se retrouve également lorsqu'un bruit de fond est présent ou en situation adverse d'écoute (comme dans un environnement qui résonne par exemple). Converser dans le bruit ou suivre une conversation avec plusieurs interlocuteurs est très pénible. Les messages oraux sont souvent mal compris, la personne va donc fréquemment demander à son interlocuteur de répéter et fournit des réponses inappropriées. Le temps de réponse est allongé, la personne est plus distractible, plus fatigable et

on observe fréquemment des déficits attentionnels auditifs. Les informations perçues oralement sont difficilement mémorisables. La localisation et la discrimination des sons sont délicates, tout comme l'apprentissage des comptines et des rythmes.

Lorsque nous nous intéressons plus particulièrement aux enfants porteurs de TTA, ils se retrouvent quotidiennement en situation adverse d'écoute, notamment à l'école. Ces situations sont difficiles à gérer pour eux. Par exemple, en plus d'un bruit de fond permanent et parasite, un professeur ne s'adresse pas toujours aux élèves en face à face. Le traitement des informations verbales, plus difficile, n'est pas toujours performant. L'enfant doit faire preuve de plus d'attention et est alors sujet à une plus grande fatigabilité. Le déficit attentionnel peut faire partie des signes d'alerte des TTA mais ne leur est pas exclusif.

2.4.2. La symptomatologie des troubles du traitement auditif acquis

2.4.2.1. Les troubles du traitement auditif syndromiques

L'hémianacusie, ou « surdité hémisphérique » est la conséquence d'une destruction du cortex auditif. Une lésion uniquement unilatérale n'aurait que peu d'incidence en raison de la bilatéralité des projections auditives et du transfert interhémisphérique. Elle passe souvent inaperçue en situation normale d'écoute. Toutefois en écoute dichotique, le patient ne répète pas les items présentés à l'oreille controlatérale à la lésion. En effet, **l'écoute dichotique neutralise les afférences auditives directes et permet donc de n'étudier que les projections auditives croisées**. Tout ce passe comme si chaque l'hémisphère n'écoutes que l'oreille opposée. La **surdité corticale** peut être considérée comme une double hémianacusie (destruction des deux aires auditives). Le patient présente des difficultés à percevoir les sons de son environnement, à localiser un son, à en percevoir la hauteur, le rythme. Le patient éprouve également des difficultés à percevoir les phrases, les mots et les phonèmes.

La **dyséchopémie profonde** n'affecte que la répétition. Une lésion pariétale gauche touche la mémoire auditive verbale à court terme, dont est dépourvu l'hémisphère droit. Si un mot est perçu par l'hémisphère droit, celui-ci en garde une trace sémantique mais le message disparaît rapidement lors de son passage dans l'hémisphère gauche et la répétition est alors impossible.

Dans le cas d'une **surdité verbale**, la parole est anormalement perçue, comme s'il

s'agissait d'une langue étrangère. Dans les formes pures (très rares), le patient ne peut donc comprendre, répéter ou écrire sous dictée des sons verbaux. Elle est due à des lésions ischémiques multiples.

L'agnosie auditive concerne l'impossibilité à identifier des sons verbaux et non verbaux. Elle peut être le stade évolutif d'une surdité corticale ou résulter d'une lésion du lobe temporal.

2.4.2.2. Les troubles du traitement auditif dans le cadre d'une maladie neurologique

Les atteintes de l'audition centrale au cours de maladies neurologiques sont nombreuses. Les **Accidents Vasculaires Cérébraux** (AVC) (cause de nombreuses agnosies, de surdité corticale et verbale) et la **sclérose en plaque** peuvent être, par exemple, la cause de TTA.

Une atteinte de l'audition centrale apparaît également dans la maladie d'**Alzheimer** et aggrave les troubles de la communication. D'après l'étude d'Iliadou et Kaprinis de 2003, la détérioration des processus auditifs centraux précède de cinq à dix ans les symptômes démentiels.

Dans la maladie de **Parkinson**, les TTA vont particulièrement toucher la discrimination temporelle des sons. L'estimation des durées est perturbée, tout comme la discrimination des rythmes. On peut observer une aprosodie réceptive et l'expressivité du discours du patient est affectée.

2.5. Le diagnostic des troubles du traitement auditif

2.5.1. Les diagnostics différentiels

Selon les recommandations de l'ASHA, la pose du diagnostic de TTA ne peut se faire qu'avec la participation de différents professionnels de santé.

Les symptômes de TTA peuvent être confondus avec une **surdité périphérique**, il est donc nécessaire d'avoir écarté toute perte auditive d'origine périphérique.

Les symptômes de TTA ne sont pas spécifiques, la pose d'un diagnostic est alors très délicate. Les difficultés d'écoute et les désordres de la communication sont souvent présents

chez les enfants avec des troubles spécifiques des apprentissages (dont font partie les troubles du langage oral et écrit) et sont majorés en situations adverses d'écoute. La similarité des problèmes découlant d'un TTA et **d'un trouble spécifique des apprentissages** complique le diagnostic différentiel. Un TTA peut également être confondu avec **un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité** (TDA-H). Le TDA-H est un déficit global tandis que le TTA est un déficit spécifique à la modalité auditive qui entrave l'écoute sélective.

Il est important de différencier un TTA d'un trouble spécifique des apprentissages ou d'un TDA-H. Il faut toutefois garder à l'esprit la possible coexistence d'un TTA avec ces troubles.

Un TTA peut également être confondu avec **déficit de mémoire à court terme**. Un premier cas concerne l'existence d'un trouble de la mémoire à court terme secondaire à un TTA. En effet, nous savons qu'un TTA a des répercussions sur le traitement des tâches auditives. Les traces phonologiques activées et stockées risquent alors d'être imprécises. En conséquence, un TTA pourrait engendrer un trouble secondaire de la mémoire à court terme, qui serait une fragilisation mnésique due à l'imprécision de l'input en mémoire à court terme. Un second cas concerne l'existence d'un déficit primaire de la mémoire à court terme. Un déficit primaire de la mémoire à court terme peut être confondu avec un TTA, du fait des difficultés rencontrées dans le traitement des informations auditives. Ces différentes situations nous montrent qu'il est nécessaire de garder à l'esprit l'implication de la mémoire à court terme dans le traitement des tâches auditives lors de l'évaluation de l'audition centrale.

2.5.2. L'implication de l'âge dans la pose du diagnostic d'un trouble du traitement auditif

Plusieurs études qui s'intéressent aux troubles du traitement auditif soulignent l'importance de l'âge dans le diagnostic. En effet, il est préconisé de ne pas poser un diagnostic de trouble du traitement auditif trop tôt, en raison d'une longue maturation des structures auditives centrales. Nous ne trouvons cependant pas de source officielle établissant un âge minimum pour la pose d'un diagnostic de TTA. Les différentes indications auxquelles nous sommes confrontées s'étendent de l'adolescence jusqu'à l'âge adulte. Nous ne pouvons pas comparer ces recommandations avec des données de la littérature scientifique.

2.5.3. Les tests auditifs centraux subjectifs

Les batteries de tests permettant d'évaluer le système auditif central proposent un ensemble d'épreuves composées de matériel verbal et de matériel non verbal. Elles permettent d'analyser les différentes structures et les différents processus du système auditif central qui sont sous-jacents aux comportements auditif et d'écoute.

Les épreuves de **discrimination auditive** évaluent les habiletés d'un sujet à différencier des stimuli auditifs qui ne diffèrent l'un de l'autre que d'un élément, que ce soit en fréquence, en intensité ou au niveau des paramètres temporels. Les listes de Lafon, classiquement utilisées, permettent d'évaluer le décodage phonétique dans des situations avec absence ou présence de bruit. D'un point de vue clinique, des épreuves comme celles des paires minimales sont précieuses, car elles permettent d'évaluer plus finement les capacités de discrimination d'un sujet que les listes de Lafon. Il s'agit ainsi de relever quelles sont les oppositions préservées ou non, que ce soit en situation favorable ou adverse d'écoute.

Les épreuves de **traitement temporel et de traitement des patterns auditifs** évaluent les capacités d'un sujet à analyser les phénomènes acoustiques en fonction de leurs propriétés temporelles. On retrouve ainsi des épreuves comme la reconnaissance des séquences de patterns et des épreuves de « gap detection » où il s'agit de détecter un intervalle de temps séparant deux stimuli.

Les épreuves **d'écoute dichotique** s'intéressent aux possibilités de l'individu à intégrer ou séparer les différents stimuli présentés simultanément à chaque oreille. Lorsque l'on demande au sujet d'intégrer les stimuli, il doit répéter l'ensemble des signaux entendus dans les deux oreilles (intégration binaurale). Lorsque l'on demande que sujet de séparer les stimuli, il doit ne répéter que les signaux arrivant dans une oreille préalablement désignée.

Les épreuves **d'écoute monaurale** interrogent les capacités d'un sujet à reconnaître un signal acoustique dégradé et présenté à une seule oreille.

Les épreuves **d'interaction binaurale** évaluent les processus binauraux qui permettent de percevoir les différences temporelles ou d'intensité d'un stimulus au niveau des deux oreilles.

2.5.4. Les tests auditifs centraux objectifs

Le recueil de difficultés fonctionnelles lors de la passation de tests auditifs subjectifs ne suffit pas à poser le diagnostic d'un trouble du traitement auditif. Il est nécessaire de pouvoir

démontrer l'intégrité plus ou moins préservée des structures et processus neurologiques sous-jacents aux fonctions évoquées précédemment.

Les examens **électroacoustiques** ont pour but de recueillir les signaux acoustiques générés spontanément en réponse à des stimuli externes au niveau du conduit auditif externe. Nous pouvons ainsi observer ces phénomènes grâce aux recueils des **oto-émissions acoustiques** qui permettent d'analyser le fonctionnement du système efférent olivocochléaire médian. De même, l'analyse des seuils du **réflexe stapédiens** nous donne des informations sur le fonctionnement du nerf cochléaire. Ces réponses renseignent sur le bon fonctionnement des structures efférentes du SAC, essentiel à l'adaptation de l'écoute.

L'étude des structures du système afférent s'évalue grâce aux **potentiels évoqués auditifs précoces** (passage de l'influx nerveux au niveau du tronc cérébral), aux **potentiels évoqués auditifs semi-précoces** (passage de l'influx dans les voies sous-corticales) et aux **potentiels évoqués auditifs tardifs** (passage de l'influx nerveux au niveau du cortex cérébral).

Nous pouvons tout de même souligner quelques limites à ces différents tests objectifs. Certains tests objectifs ne sont pas accessibles à toutes les structures hospitalières. De plus les renseignements obtenus restent difficilement exploitables du fait de leur caractère non exhaustif et du risque de faux-positifs.

2.5.5. L'implication des processus de haut niveau

Comme nous l'indiquons précédemment, le matériel évaluant le SAC s'appuie souvent sur des éléments verbaux. Or, de plus en plus de spécialistes s'accordent pour dire que le traitement d'un signal verbal met en relation un certain nombre de processus du SAC et cognitifs de haut niveau. Les processus de haut niveau concernent notamment la mémoire à court terme, la mémoire à long terme, l'attention, le langage et ses représentations phonologiques, sémantiques et syntaxiques. Tous ces processus de haut niveau risquent d'influencer les performances aux tests auditifs centraux subjectifs. C'est donc pour cette raison que la pose du diagnostic de TTA doit être multidisciplinaire.

L'orthophoniste doit évaluer le langage oral afin de voir comment un sujet s'organise et quelles sont ses stratégies sémantiques et syntaxiques tant en compréhension qu'en expression. L'évaluation du langage écrit est également intéressante car elle permet d'interroger des compétences du SAC, comme la closure d'énoncés (exercice de compléction de phrases), souvent employée dans un contexte bruyant. Par exemple, au quotidien dans une conservation en

situation adverse d'écoute, un interlocuteur tente de compléter un énoncé pas entièrement perçu et/ou compris grâce à ses connaissances sur la situation d'énonciation. La dictée de pseudo-mots interroge les capacités d'analyse et de séquençage de la langue parlée.

Le neuropsychologue doit évaluer la mémoire auditivo-verbale à court et long terme, qui renseignent sur les qualités de représentation et d'organisation des représentations phonologiques des mots de la langue. De plus, l'évaluation des capacités attentionnelles est essentielle car elle est souvent un signe d'appel chez les patients venant consulter pour des possibles TTA.

2.6. La remédiation des troubles du traitement auditif

2.6.1. Les modifications environnementales

En ce qui concerne les enfants présentant des troubles du traitement auditif, il est primordial d'expliquer à l'enfant, ses parents et ses enseignants comment se manifestent ces troubles et ce qu'il est possible de mettre en place pour limiter leurs impacts sur le quotidien.

En classe, l'enseignant peut veiller à mettre en place plusieurs adaptations afin de faciliter le bon déroulement des apprentissages pour l'enfant porteur de TTA :

- donner à l'enfant une place confortable, c'est-à-dire près de lui et à côté d'un enfant calme.
- parler face à la classe, de manière distincte (en insistant sur l'expressivité), en évitant les déplacements.
- s'assurer que l'enfant puisse travailler sur des cours correctement notés.
- rassurer l'enfant sur le fait qu'il a le droit de faire répéter l'interlocuteur et de poser des questions lorsqu'il n'a pas compris.
- diminuer le bruit ambiant au maximum.
- proposer à l'enfant, qui est fatigable, des pauses plus nombreuses.

A la maison, les moyens mis en place sont similaires. Il s'agit pour les parents de diminuer les bruits parasites, parler de façon distincte et expressive, respecter les tours de parole, repérer et identifier avec l'enfant les bruits ambients.

2.6.2. Les techniques de remédiation et les stratégies compensatoires

La prise en charge a pour but d'améliorer l'élaboration du percept et sa comparaison avec les percepts déjà stockés en mémoire à long terme. Ce type de prise en charge est plutôt récent et manque d'études comparant les différentes techniques.

L'entraînement des traitements « **top-down** » (de haut niveaux) se fait avec du matériel lexico-sémantique : le but est d'entraîner l'activation des représentations stockées en mémoire à long terme. L'entraînement des traitements « **bottom-up** » (de bas niveaux) se fait avec des syllabes ou des pseudo-mots : ce matériel ne sollicite pas la mémoire à long terme, il n'y a donc pas d'accès à des stratégies compensatoires, ce qui permet la stimulation des processus allant de la perception du signal jusqu'à l'élaboration du percept.

Les objectifs visés et les moyens employés par les techniques de remédiation sont les suivants :

- **la reconnaissance des configurations temporelles** : la remédiation a pour but d'améliorer la perception de la transition formantique dans le traitement de la syllabe (travail bottom-up) et à entraîner la perception de la prosodie (travail top-down).

- **le décodage phonétique** : la remédiation a pour but de diminuer les altérations du message (travail bottom-up) ou les compléter pour restaurer ce qu'il manque (travail top-down).

- **la séparation binaurale** (capacité à inhiber les informations reçues par une oreille tout en traitant les informations perçues par l'autre) et **l'intégration binaurale** (capacité à se concentrer sur les deux messages en même temps). Les exercices sollicitant ces compétences n'interviennent qu'après le travail sur les configurations temporelles et le décodage phonétique. La remédiation a pour but de se focaliser ainsi sur certaines oppositions phonologiques en partant de la syllabe (travail bottom-up) et d'entraîner la discrimination et la closure d'énoncé (travail top-down).

Les deux premières parties de notre partie théorique sont consacrées aux troubles dyslexiques ainsi qu'au système auditif central et ses dysfonctionnements. Ce travail de recherche théorique nous permet de mieux comprendre le fonctionnement des troubles dyslexiques et des troubles du traitement auditif. Le sujet de notre mémoire nous amène maintenant à nous intéresser aux liens entre ces deux troubles.

3. Les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif

3.1. Les études établissant directement des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif

Nous souhaitons ici présenter plusieurs études qui lient directement les troubles dyslexiques aux troubles du traitement auditif et qui attirent notre attention.

Demanez L. et Demanez J.P. (2011) utilisent dans leur étude le Bilan Auditif Central (BAC), dont ils sont par ailleurs les concepteurs, pour évaluer les processus auditifs centraux chez différents groupes d'enfants. Les auteurs souhaitent faire le lien entre les troubles dyslexiques de type phonologique et les troubles du traitement auditif. Les résultats aux subtests montrent que les aptitudes dichotiques sont nettement moins bonnes chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins. D'après l'étude, 47% des enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent un score pathologique (situé en-dessous du percentile 5) soit à l'épreuve de Lafon (test de décodage phonétique avec absence ou présence de bruit), soit à l'épreuve d'écoute dichotique (test d'intégration et de séparation binaurale). D'après cette étude **il existerait des TTA chez une partie des enfants porteurs de troubles dyslexiques de type phonologique.**

La même étude de Demanez L. et Demanez J.P. (2011) se penche sur l'existence d'une prévalence d'oreille chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. La prévalence d'oreille (PO) permet de quantifier le degré d'asymétrie auditive. La PO constitue un indice indirect des différences de latéralité entre les hémisphères du cerveau lorsqu'ils sont activés par chaque oreille. Les études citées par ces auteurs montrent que les sujets témoins interrogés aux épreuves d'écoute dichotique obtiennent de meilleurs résultats à l'oreille droite sans qu'il y ait pour autant une PO droite. Il existerait plusieurs configurations possibles. Il pourrait y avoir une forte asymétrie interaurale en faveur de l'oreille droite avec des performances diminuées au niveau de l'oreille gauche. D'autres études, citées par Demanez L. et Demanez J.P. montrent qu'il existerait des performances symétriques avec une latéralisation en faveur de l'oreille droite plus

faible que la normale voire un déficit des performances de l'oreille droite. Cela permet de formuler différentes hypothèses : soit la présence d'un dysfonctionnement hémisphérique gauche, soit des activations excessives anormales dans les deux hémisphères. Nous pouvons supposer que des différences de latéralité excessives - et donc une importante asymétrie auditive - peuvent créer de véritables difficultés dans le traitement de l'information auditive par le SAC. Nous ne trouvons aucune autre étude spécifique concernant les liens entre troubles dyslexiques et prévalence d'oreille. A défaut d'un support théorique étayé sur la question, nous n'utilisons que les résultats de l'étude de Demanez L. et Demanez J.P. (2011). Les résultats concernant la PO sont les suivants. Les auteurs remarquent une prévalence d'oreille chez 12% des enfants contrôles contre 42% chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Cette prévalence est supérieure à 55% pour l'oreille droite et supérieure à 16% pour l'oreille gauche. **Ces résultats orienteraient vers l'existence d'un lien entre troubles dyslexiques et PO.**

Après nous être penchées sur des études utilisant des tests subjectifs pour évaluer le SAC, nous nous intéressons ici à un test objectif. Dans la présentation de l'anatomie du système auditif central, nous introduisons le rôle des fonctions efférentes. Les cellules ciliées externes peuvent être inhibées par le système efférent olivo-cochléaire médian (SEOCM). Cette inhibition permet d'augmenter la détection de sons en présence de bruit. Muchnik et coll. (2004) souhaitent comprendre le fonctionnement des cellules ciliées externes chez les enfants porteurs de TTA et présentant des difficultés d'apprentissage (dont des troubles dyslexiques). Les auteurs utilisent les réponses aux oto-émissions acoustiques. Ces réponses révèlent un dysfonctionnement du SEOCM chez les enfants porteurs de TTA et présentant des difficultés d'apprentissage. Les résultats montrent une diminution de l'inhibition des cellules ciliées externes par le SEOCM. Ainsi les enfants porteurs de TTA et ayant des difficultés d'apprentissage auraient **des difficultés à percevoir la parole dans le bruit.**

Dans l'étude de Peñaloza-López Y.R et coll. (2009), deux tests interrogeant le SAC sont proposés à des enfants porteurs de troubles dyslexiques et à des enfants contrôles de sept à dix ans. La première épreuve est une épreuve d'écoute binaurale de mots dissyllabiques (deux mots différents de deux syllabes sont envoyés simultanément dans chaque oreille). La seconde épreuve est une épreuve d'une écoute monaurale de logatomes monosyllabiques (logatome d'une seule syllabe) avec du bruit filtré. Le logatome et le bruit filtré sont présentés à une même oreille. A ces deux épreuves les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bons résultats que les enfants contrôles. Ceci laisse supposer qu'il existerait **un déficit d'intégration binaurale** et

de démasquage de la parole dans le bruit chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Nous pouvons envisager que les enfants porteurs de troubles dyslexiques auraient un fonctionnement moins performant de certaines structures du SAC. Cette étude montre aussi une amélioration des performances à ces épreuves avec l'âge, sûrement grâce à la mise en place de stratégies compensatoires.

3.2. Les études établissant indirectement des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif

Nous venons de vous présenter des études liant directement les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Les études qui suivent portent sur les liens entre les difficultés rencontrées par les enfants porteurs de TTA et les répercussions que ces difficultés peuvent avoir sur la **mise en place des habiletés sous-jacentes à l'entrée dans le langage écrit**. Nous rappelons que des faiblesses dans certaines des habiletés sous-jacentes au langage écrit font partie des caractéristiques des troubles dyslexiques. Les habiletés qui pourraient être fragilisées par des TTA seraient les habiletés du langage oral comme la perception fine de la parole, la conscience phonologique, la mémoire phonologique de travail, l'accès rapide au lexique, la connaissance du nom des lettres et du son des graphèmes.

Dans l'étude d'Elliott M.E. et coll. (2005) deux groupes d'enfants sont comparés : des enfants porteurs de TTA et des enfants contrôles. Ils sont face à une tâche d'empan visuel sur du matériel numérique (des chiffres). On recueille leurs performances dans trois situations : dans le calme, avec des distracteurs auditifs verbaux et des distracteurs auditifs non verbaux. Chez les enfants contrôles on observe que les distracteurs auditifs verbaux sont plus perturbants que les distracteurs auditifs non verbaux, alors que chez les enfants porteurs de TTA les différences entre ces distracteurs sont moins significatives. Ainsi les enfants porteurs de TTA **traiteraient de façon moins automatique les sons de la parole**. Ce traitement moins automatique pourrait signifier que la distinction des unités pertinentes de notre système phonologique (la conscience phonologique) ne serait pas correctement installée. **Les TTA auraient donc des répercussions sur l'établissement de la conscience phonologique chez un enfant**. Nous rappelons que la conscience phonologique constitue une habileté du langage oral nécessaire au langage écrit. **Les TTA pourraient donc avoir un impact sur les troubles dyslexiques en fragilisant les habiletés sous-jacentes au langage écrit**.

Moossavi A. et coll. (2014) cherchent à mettre en avant les effets de la mémoire de travail sur la latéralisation des sons chez les enfants porteurs de TTA. Le signal auditif comme localisation du son aide la personne à séparer la cible des autres distracteurs. La mémoire de travail est évaluée avec la répétition de non mots, et l'évaluation des empans endroit et envers à l'aide de chiffres. Les capacités de localisation d'un son sont évaluées grâce à un test de latéralisation au casque. **Les enfants porteurs de TTA ont de moins bons résultats tant aux tâches de mémoire de travail que de latéralisation.** Par ailleurs la localisation des sons est meilleure avec des sons de basse fréquence. En effet, l'analyse d'un signal est plus précise lorsqu'il contient des basses fréquences. Les auteurs cherchent ensuite des corrélations entre la mémoire de travail et les tests de localisation. Les épreuves mettent en lien les différentes tâches faisant appel à la mémoire de travail, la perception de la fréquence du son (aigu ou grave) et des différences inter-aurales (en temps et en intensité). Les enfants porteurs de TTA éprouvent des difficultés lorsque le signal est aigu, quand ils doivent se baser sur des différences de temps inter-aurales et ce sur toutes les tâches de mémoire de travail. Lorsque le signal est grave et que les enfants porteurs de TTA doivent se baser sur des différences de temps inter-aurales ils échouent seulement à la répétition de non-mots. Des dysfonctionnements de processus « top-down » tels que ceux observés au niveau de la mémoire de travail pourraient avoir **un impact négatif sur les capacités à traiter des tâches auditives complexes.** Les traitements auditifs, alors plus coûteux, ont des **répercussions sur le traitement des situations d'écoute complexes.** Nous pourrions envisager que des difficultés au niveau de la mémoire de travail, compliquant le traitement des situations d'écoute complexes, pourraient **perturber les habiletés du langage oral sous-jacentes à l'entrée dans le langage écrit.**

3.3. Conclusions sur les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif

Dans la première sous-partie nous constatons une co-occurrence des troubles dyslexiques et des troubles du traitement auditif chez une partie des enfants porteurs de troubles dyslexiques. Le fonctionnement de certaines structures du SAC serait moins performant chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques et de TTA.

La deuxième sous-partie lie indirectement les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Les études montrent que les TTA impacteraient le fonctionnement de certaines structures du SAC et, par conséquent, entravent la mise en place du langage oral chez un enfant.

Nous savons que des difficultés de traitement du langage oral ont des répercussions sur la maîtrise du langage écrit. Les TTA pourraient enrayer le développement et la maîtrise des habiletés sous-jacentes au langage écrit et/ou majorer des difficultés déjà présentes dans ces habiletés.

3.4. Notre hypothèse théorique

L'étude de Cestnick L. et Jergeren J. (2000) se penche sur les liens entre les capacités auditives de traitement temporel et les différentes voies de lecture dans le cadre de troubles dyslexiques développementaux. Les enfants sont répartis en deux groupes : certains présentent des troubles dyslexiques phonologiques et d'autres des troubles dyslexiques de surface. Nous voyons plus tôt qu'en fonction des caractéristiques des troubles dyslexiques, les voies de lecture atteintes ne sont pas les mêmes. De manière générale, des troubles dyslexiques phonologiques correspondent à une atteinte de la voie d'assemblage. Des troubles dyslexiques de surface correspondent quant à eux à une atteinte de la voie d'adressage. Les résultats montrent que les enfants n'ont pas les mêmes difficultés aux épreuves non verbales d'audition centrale selon le type de troubles dyslexiques qu'ils présentent. Les enfants présentant des troubles dyslexiques phonologiques ont des difficultés dans la perception des sons non verbaux, indépendamment de la vitesse de présentation et du mode de rappel (auditif et visuel). Les enfants présentant des troubles dyslexiques de surface ont des difficultés dans le rappel de sons non verbaux seulement quand ils sont présentés rapidement. A une même épreuve évaluant les capacités de perception auditive non verbale, **les enfants porteurs de troubles dyslexiques n'ont pas les mêmes difficultés selon la nature de leurs troubles.**

Nous souhaitions avancer l'hypothèse théorique que les enfants porteurs de troubles dyslexiques n'échouent pas, selon la nature de leurs troubles, aux mêmes épreuves évaluant l'audition centrale. Cependant, les épreuves du BAC ne sont pas de même nature que celles utilisées dans l'étude de Cestnick L. et Jergeren J.. **Nous n'avons pas les moyens de vérifier cette hypothèse théorique. Nous ne nous pouvons donc pas la retenir.**

Nous venons de présenter de nombreuses études qui établissent des liens, plus ou moins directs, entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Les troubles du traitement auditif demeurent peu connus des orthophonistes. Pourtant les orthophonistes sont

amenés à prendre en charge des enfants porteurs de troubles dyslexiques dont certains pourraient présenter des TTA. Il nous semble intéressant d'interroger nous-mêmes les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif à travers notre expérimentation. Notre partie méthodologie nous permet de décrire nos populations, les outils utilisés ainsi que le recueil des données et leur cotation.

Deuxième partie :
Partie méthodologie

1. Les populations

Afin de mener à bien notre étude nous constituons **deux populations de cinq enfants chacune**. Notre population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques est composée de cinq enfants, âgés de neuf ans trois mois à onze ans un mois. Notre population d'enfants témoins est également composée de cinq enfants, âgés de huit ans six mois à dix ans huit mois. Toutes nos rencontres ont lieu au département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy.

Le diagnostic de troubles dyslexiques ne peut être posé qu'à partir d'un décalage de deux ans entre l'âge de l'enfant et ses performances en lecture. Nous fixons donc la limite d'âge inférieure à huit ans pour les enfants des deux populations. En effet l'apprentissage de lecture commence souvent à l'âge de six ans. De plus, du fait de nos petits effectifs, il nous faut limiter l'âge supérieur des enfants afin de pouvoir comparer leurs résultats. Cette limite d'âge est donc de onze ans.

1.1. Le recrutement de la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques

1.1.1. Les critères d'inclusion

Le critère d'inclusion dans notre population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques est la pose d'un diagnostic orthophonique de troubles dyslexiques isolés.

1.1.2. Les critères d'exclusion

Nous retenons différents critères d'exclusion afin de constituer notre population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques. Les critères d'exclusion découlent de la définition des troubles dyslexiques telle qu'elle est énoncée par le DSM-IV. La pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques n'est faite qu'après l'exclusion d'un certain nombre de facteurs sensoriels, environnementaux et psychologiques. Les enfants ne doivent donc pas présenter :

- une surdité périphérique (perte auditive supérieure à 20 dB). Les pertes auditives ont souvent des répercussions sur la perception fine de la parole et donc sur l'établissement d'un répertoire phonologique stable. L'habileté de transcription des sons de la langue (les phonèmes) en lettres peut alors être mise en difficulté.

- un ou des trouble(s) diagnostiqués en dehors de celui de troubles dyslexiques : un déficit intellectuel, un trouble attentionnel (non auditif) avéré avec ou sans hyperactivité (TDA-H), un autre trouble « Dys » (dysphasie, dyscalculie, dyspraxie). Dans le cadre de diagnostic multiple de troubles « Dys », des troubles « Dys » peuvent majorer les difficultés en lecture d'un enfant. Notre étude se concentre sur les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Nous voulons réduire les biais possibles d'autres troubles développementaux pouvant avoir une influence négative supplémentaire sur les compétences en lecture chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques.

- une situation socio-familiale complexe. De nombreuses études, notamment celle de Câmara Costa H. et coll. (2013), montrent que l'environnement de l'enfant peut avoir des répercussions sur ses dispositions et ses compétences de lecture. Par exemple moins un enfant expérimente le monde du livre, plus ses habiletés en lecture risquent d'être déficientes.

- un trouble psychoaffectif. L'impact d'un trouble psychoaffectif sur la disponibilité de l'enfant pour ses apprentissages est une notion abordée par la majorité de nos enseignants durant notre formation. Un trouble psychoaffectif peut influencer négativement ses compétences en lecture.

1.2. Le recrutement de la population d'enfants témoins

1.2.1. Les critères d'inclusion

Le critère d'inclusion dans notre population d'enfants témoins est l'absence de pose d'un diagnostic orthophonique de troubles dyslexiques.

1.2.2. Les critères d'exclusion

Nous retenons différents critères d'exclusion afin de constituer notre population d'enfants

témoins. Nous souhaitons que les deux populations ne s'opposent que sur le critère de leurs compétences en lecture. Nous proposons les mêmes critères d'exclusion pour la population des enfants témoins que pour la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques. Les raisons des choix des critères sont les mêmes que pour la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques. Les enfants témoins ne doivent donc pas présenter :

- une surdité périphérique (perte auditive supérieure à 20 dB).
- un ou des trouble(s) diagnostiqués : un déficit intellectuel, un trouble attentionnel (non auditif) avéré avec ou sans hyperactivité (TDA-H), un trouble « Dys » (dysphasie, dyscalculie, dyspraxie) autre que des troubles dyslexiques, qui sont déjà exclus.
- une situation socio-familiale complexe.
- un trouble psychoaffectif.
- des difficultés scolaires actuelles ou antérieures et/ou un redoublement, car elles peuvent laisser supposer des difficultés dans les apprentissages scolaires chez ces enfants.

1.3. Le mode de recrutement des populations

Les enfants témoins sont recrutés par nous-mêmes. Nous utilisons principalement nos lieux de stages afin de solliciter la participation des frères et sœurs de patients suivis en orthophonie.

Le département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy propose de recruter lui-même les enfants porteurs de troubles dyslexiques mais se trouve face à de grandes difficultés et ne réussit à trouver que deux enfants. Cependant les deux enfants retenus ne correspondent finalement pas aux critères de notre expérimentation (présence de dyscalculie). Nous recrutons donc les enfants porteurs de troubles dyslexiques, avec beaucoup de difficulté également.

Une convocation officielle est envoyée par le département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy aux familles acceptant de participer à notre expérimentation. Cette convocation précise les différents entretiens qui ont lieu : une consultation dans le département du service ORL, suivie d'un bilan orthophonique.

1.4. La description et la comparaison des deux populations

1.4.1. La description des enfants des deux populations

Nous présentons ci-dessous le tableau récapitulant l'âge, le sexe et la lettre d'anonymat de chaque enfant de notre expérimentation. Nous choisissons d'anonymiser nos populations de la façon suivante : les enfants témoins correspondent aux lettres A, B, C, D, E et les enfants porteurs de troubles dyslexiques correspondent aux lettres Z, Y, X, W, V.

	Nom	Age (ans)	Fille	Garçon		Nom	Age	Fille	Garçon	
Enfants Témoins	A	8,6	X		Z	9,3	X			Enfants porteurs de troubles dyslexiques
	B	9,2	X		Y	9,5	X			
	C	10,1		X	X	10,1	X			
	D	10,3		X	W	10,4	X			
	E	10,8	X		V	11,1	X			

Tableau 1 : Description des enfants de la population témoin et de la population porteuse de troubles dyslexiques

1.4.2. L'appariement des enfants des deux populations

Nous proposons maintenant un graphique établissant les correspondances d'âges entre les enfants porteurs de troubles dyslexiques et les enfants témoins. Nous appariions chaque enfant témoin avec un enfant porteur de troubles dyslexiques. **L'écart entre chaque paire d'enfants est indiqué en mois sur le graphique.**

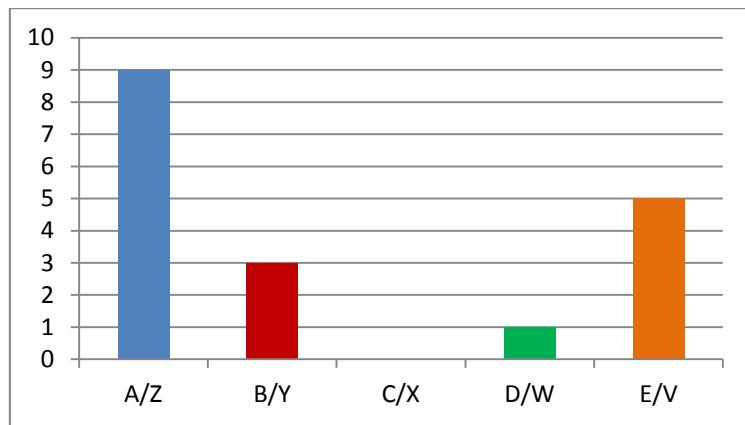


Figure 1 : Ecart d'âge en mois entre les enfants témoins et les enfants porteurs de troubles dyslexiques

En appariant chaque enfant d'une population avec un enfant de l'autre population, nous remarquons que les âges ne correspondent pas exactement. L'écart le plus faible concerne les enfants C et X, leurs âges étant identiques. L'écart d'âge le plus important concerne les enfants A et Z. Ces deux enfants ont neuf mois d'écart. Nous souhaitons que l'appariement des deux populations se fasse avec des paires d'enfants dont l'écart d'âge ne soit pas supérieur à trois mois. En effet, une période de trois mois chez un enfant est riche en terme de développement et en terme d'apprentissages. Si nous souhaitons comparer les enfants porteurs de troubles dyslexiques aux enfants témoins il faut que leurs niveaux de développement soient les plus proches possibles. Ce critère est respecté pour trois paires d'enfants seulement.

En ce qui concerne le sexe des enfants, l'appariement entre les deux populations ne correspond pas non plus. La population témoin est constituée de trois filles et de deux garçons tandis que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ne sont que de filles.

Face aux difficultés de recrutement de la population, nous n'avons pas le choix dans la constitution de nos populations. Nous décidons donc de réaliser malgré tout notre expérimentation avec deux populations dont **les âges et les sexes ne correspondent pas exactement**.

Nous venons de vous présenter les deux populations de notre expérimentation. La partie qui suit nous permet de décrire les outils méthodologiques qui nous servent à étudier et à comparer les deux populations.

2. Les outils méthodologiques

2.1. La description rapide du déroulement de l'expérimentation

Chaque enfant des deux populations est reçu au département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy avec ses parents. Un examen otoscopique est réalisé, afin de vérifier l'intégrité de l'oreille externe et du tympan. Après cela, un test d'audiométrie tonale lui est administré par les audiométristes. Si l'audiométrie ne révèle pas de surdité périphérique l'enfant est reçu en orthophonie, par l'orthophoniste et nous-mêmes. Nous faisons passer le questionnaire d'anamnèse aux parents afin de constituer des fiches de renseignements. Les enfants de la population témoin passent ensuite le test de l'Alouette afin d'exclure un trouble spécifique de la lecture. Le dernier test, le BAC, est administré à l'ensemble des enfants des deux populations d'étude. La durée totale de l'expérimentation est d'environ deux heures.

2.2. L'examen ORL et le test audiométrique

Les enfants de notre expérimentation passent d'abord un **examen clinique des oreilles** auprès d'un médecin O.R.L. Cette otoscopie permet de vérifier l'intégrité de l'oreille externe et du tympan.

Les audiométristes font ensuite passer, en cabine insonorisée, un **test d'audiométrie tonale**. L'audiométrie tonale permet, avec l'utilisation de sons purs, d'évaluer le seuil d'audition pour chacune des oreilles en conduction aérienne et osseuse et de dégager la moyenne de la perte auditive.

2.3. Le questionnaire d'anamnèse

L'orthophoniste accueille l'enfant, ses parents et nous les confie ensuite. Avant de faire passer les tests de l'Alouette et du BAC, nous remplissons le questionnaire d'anamnèse avec les parents afin de **recueillir des informations sur l'enfant et sa famille**. Nous nous rendons ensuite en audiométrie.

Le questionnaire d'anamnèse est joint en annexe.

2.4. Le test de l'Alouette

Le test de l'Alouette est un test élaboré par Pierre Lefavrais en 1965 et publié aux Éditions du Centre de Psychologie Appliquée. Il s'agit d'un test étalonné fournissant des **indications de performances dans une situation de lecture à voix haute d'un texte**. Ce test apporte des éléments sur la vitesse et la qualité de la lecture. **Il permet ainsi d'élaborer un âge de lecture dit « âge lexique »**. Nous rappelons que le diagnostic de troubles dyslexiques peut être posé seulement quand :

- il existe un décalage pathologique au minimum de deux ans entre l'âge réel, dit « chronologique » d'un enfant et son âge de lecture, dit « âge lexique ».
- ce décalage reste pathologique après six mois de prise en charge.

De nombreuses Maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) recommandent l'utilisation de ce test. Il permet une lecture aisée de l'existence ou de l'absence de difficultés en lecture d'un enfant. Sa cotation simple permet d'établir rapidement la différence d'âge existant entre l'âge chronologique d'un enfant et son âge lexique. C'est pour cette raison que nous choisissons ce test pour notre expérimentation

L'examineur donne à l'enfant une feuille sur laquelle un texte central est entouré de dessins. Ces dessins jouent le rôle de distracteurs. Par exemple un dessin d'écureuil se trouve à proximité du mot « écueil ».

L'examineur possède une feuille de protocole sur laquelle se trouve le même texte mais sans les dessins. Cette feuille permet de noter au fur et à mesure les erreurs de lecture de l'enfant.

L'enfant a trois minutes pour lire le texte de L'Alouette que l'examineur lui propose. L'examineur a pour objectif de voir quel est le comportement de lecteur de l'enfant.

Nous tenons à préciser que nous n'avons pas pour objectif de poser un diagnostic de trouble spécifique du langage écrit. Ce test nous permet simplement de vérifier la leximétrie de l'enfant. Ainsi nous pouvons constater s'il existe ou non un décalage entre l'âge chronologique de l'enfant et son âge lexique établi à partir de ses performances à la lecture de ce texte. Nous utilisons ce test dans la population d'enfants témoins. Nous nous assurons ainsi qu'ils ne possèdent pas de troubles spécifiques du langage écrit.

En raison des droits d'auteurs sur le test de l'Alouette, nous ne pouvons fournir de copie

de la feuille de passation et de la feuille de protocole.

2.5. Le Bilan Auditif Central

2.5.1. La présentation du Bilan Auditif Central

Notre protocole d'expérimentation repose sur l'utilisation du Bilan Auditif Central (BAC). Il s'agit d'une batterie de tests subjectifs applicables chez le sujet francophone pour évaluer les principales fonctions auditives centrales.

Ce bilan a été créé en 2003 par Monsieur Le Professeur J.P. DEMANEZ, Monsieur L. DEMANEZ et Madame B. DONY au sein du service d'O.R.L et d'audiophonologie du CHU de Liège en Belgique. La création de ce bilan fait suite aux constatations du manque d'outils largement diffusés en langue française permettant d'évaluer les troubles du traitement auditif. **Ce bilan a pour but d'être une évaluation de première ligne - ou d'investigation - de l'audition centrale, avec une passation rapide et explicite.**

La **normalisation** des résultats a été établie sur une population de plus de **huit cents sujets** dont l'âge varie de cinq à quatre-vingt ans. Il existe une version enfant et une version adulte du BAC. La version enfant est dédiée aux enfants âgés entre cinq ans et sept ans onze mois. La version adulte s'adresse aux sujets dès l'âge de huit ans. Toute référence aux résultats de normalisation proposés est dépendante du strict respect de la méthodologie. L'analyse des résultats se fait d'après des tableaux de classes d'âges. Le tableau des classes d'âges est fourni en annexe.

Le département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy s'intéresse au BAC afin d'établir si ce bilan permet de dépister des troubles du traitement auditif au sein du service.

Le bilan du BAC est présenté sous la forme d'un CD-Rom. Le CD-Rom comporte les données suivantes :

- vingt-six pistes audio dont une sélection adaptée est administrée par casque au sujet testé.

- un guide d'utilisation du BAC en version PDF qui regroupe les consignes relatives à l'installation du matériel ainsi que les consignes de passation et de cotation des différentes épreuves.

- le protocole de passation du BAC, à partir duquel l'examineur reporte les réponses du sujet testé.
- les tableaux de normalisation établis en fonction de l'âge pour chaque épreuve.
- une vidéo explicative sur l'installation du matériel.
- une vidéo proposant un « cas pratique » où le BAC est administré à un sujet, explicitant ainsi l'ordre et la démarche de passation des épreuves, de même que leur cotation.

En raison des droits d'auteurs sur le BAC, nous ne pouvons fournir de copie du protocole de passation.

2.5.2. La description des épreuves du Bilan Auditif Central

Nous présentons tout d'abord la version complète du BAC, composée de quatre épreuves différentes. La version longue du BAC est réservée aux patients atteints d'une pathologie neurologique. Nous décidons donc de proposer la version courte du BAC aux enfants des deux populations. Nous présentons par la suite la description détaillée des épreuves et des subtests de la version courte du BAC que nous faisons passer.

2.5.2.1. L'épreuve d'intégration auditive de Lafon

L'épreuve d'intégration auditive de Lafon est un test de décodage phonétique où des mots monosyllabiques sont proposés à une intensité fixe dans **une situation d'écoute sans adjonction de bruit puis dans une situation d'écoute avec adjonction de bruit**. Seule la reconnaissance du phonème cible de chaque groupe syllabique est prise en compte. Cette épreuve évalue la **qualité du décodage phonémique**.

2.5.2.2. L'épreuve d'écoute dichotique

L'épreuve d'écoute dichotique comprend plusieurs subtests. Chaque subtest propose des items verbaux distincts simultanément à chaque oreille du sujet. Il existe deux types de tâches possibles pour l'ensemble des cinq subtests. La tâche **d'intégration binaurale** correspond aux subtests dits « **d'oreille non désignée** » (OND) où le sujet doit répéter les items verbaux perçus

simultanément au niveau de l'oreille droite et au niveau de l'oreille gauche. La tâche de **séparation binaurale** correspond quant à elle aux subtests dits « **d'oreille désignée** » (OD). Le sujet doit ainsi répéter les items perçus par l'oreille préalablement désignée par l'examinateur tout en ignorant les items proposés simultanément à l'oreille controlatérale. Nous gardons à l'esprit que la verbalisation des items perçus à l'oreille gauche implique le transfert inter-hémisphérique de l'information perçue par l'hémisphère droit vers l'hémisphère gauche dominant pour le langage. La verbalisation des items perçus par l'oreille gauche est donc plus complexe.

Le BAC propose quatorze pistes différentes avec des items de nature spécifique :

- **des substantifs** : il existe deux listes de substantifs, une liste appelée « substantif A » et une liste appelée « substantif B ». Pour chacune des listes de « substantif A » et « substantif B », il existe deux listes différentes selon le mode de présentation : une pour le subtest OD et une pour le subtest OND.

- **des adjectifs** : il existe deux listes différentes selon le mode de présentation : une pour le subtest OD et une autre pour le subtest OND.

- **des chiffres** : il existe deux types de listes différentes, une liste où une série de deux chiffres est proposée pour le subtest OD et pour le subtest OND et une liste où une série de trois chiffres est proposée pour le subtest OD et pour le subtest OND.

- **des syllabes** : il existe deux listes différentes selon le mode de présentation : une pour le subtest OD et une autre pour le subtest OND. Les listes de présentation de syllabes sont réservées aux enfants (jusqu'à l'âge de 7 ans 11 mois).

2.5.2.3. L'épreuve de démasquage : Masking Level Difference

L'épreuve de démasquage, Masking Level Difference (MLD) est composée de deux subtests. Les deux subtests proposent un bruit blanc d'une intensité fixe de 70 décibels (dB) sur lequel se présentent sept listes de dix mots dyssyllabiques des listes de Saussus. La première liste de mots est présentée à 70 dB et l'intensité des listes émises diminue de 5 dB à chaque nouvelle liste et ce jusqu'à atteindre une intensité de 40 dB. La passation s'arrête lorsque le sujet ne répète plus qu'un seul mot parmi les dix mots d'une liste. Les deux subtests diffèrent sur la nature du signal. Dans le premier subtest les mots et le bruit arrivent en phase et dans le deuxième subtest les mots et le bruit arrivent en opposition de phase. L'évaluation de l'effet de démasquage chez

un sujet permet d'interroger les **capacités du démasquage binaural en situation adverse d'écoute**.

2.5.2.4. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations

L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations évalue la capacité du sujet à reconnaître et reproduire verbalement des séquences de trois stimuli acoustiques. Ces stimuli sont variables en hauteur dans le subtest du « **Pitch Pattern** » (« PP »). Des sons bas de 880 Hz et des sons hauts de 1122 Hz sont proposés. Dans le subtest du « **Duration Pattern** » (« DP ») les stimuli sont variables en durée. Des sons courts de 250 millisecondes et des sons longs de 500 millisecondes sont proposés. Ces subtests permettent d'interroger le cortex temporal droit dominant pour la reconnaissance des variations en hauteur et en durée des différents stimuli. La verbalisation de ces variations en hauteur et en durée nécessite le transfert des informations traitées de l'hémisphère droit vers l'hémisphère gauche. Les enfants pour qui cette double tâche d'écoute et de verbalisation serait trop difficile peuvent « muser » (fredonner) la réponse. D'après les consignes du BAC les réponses ainsi obtenues restent pertinentes car il s'agit ici **d'évaluer la perception des variations d'un signal**.

Voici un tableau récapitulatif des différentes épreuves et subtests proposés aux enfants et aux adultes dans la version longue du BAC :

	Version enfant : de 5 ans à 7ans 11mois	Version adulte : à partir de 8 ans.
Liste des subtests de chaque épreuve	Liste I de Lafon sans et avec bruit	Liste I de Lafon sans et avec bruit
	Liste II de Lafon sans et avec bruit	Liste II de Lafon sans et avec bruit
	Substantif B OND	Substantif B OND
	2 chiffres OD	3 chiffres OD
	1 syllabe OND	2 chiffres OND
	2 chiffres OND	2 adjectifs OD
	1 syllabe OD	2 adjectifs OND
	Substantif B OD	Substantif B OD
	Substantif A OND	Substantif A OND
	1 chiffre OD	2 chiffres OD
	1 chiffre OND	3 chiffres OND
	Substantif A OD	Substantif A OD
	Patterns de hauteur	Patterns de hauteur
	Patterns de durée	Patterns de durée
		MLD

Tableau 2 : Récapitulatif des épreuves et des subtests à administrer en fonction de l'âge dans la version complète du BAC

Nous venons de présenter le BAC dans sa version complète. Nos populations sont composées d'enfants âgés entre huit ans six mois et onze ans un mois. Nous **leur proposons donc la version adulte «courte» du BAC**. En effet il n'est pas pertinent de faire passer la totalité du bilan, indiquée en cas de suspicion de troubles neurologiques. De plus la fatigabilité des enfants nous oblige à réduire la durée de passation du BAC.

Nous contactons l'équipe du service ORL et Audiophonologie du CHU Sart Tilman à Liège en Belgique. L'audiométriste qui a participé à la création du BAC nous explique les épreuves que nous pouvons garder afin d'en proposer une version courte aux jeunes enfants de notre expérimentation.

La version « courte » du BAC, que nous utilisons, est composée des épreuves suivantes :

Liste des épreuves	Liste des subtests de chaque épreuve
Liste I de Lafon	Liste de passation sans bruit Liste passation avec bruit
Ecoute dichotique	Substantif B OND 3 chiffres OD 2 chiffres OND 2 adjectifs OD 2 adjectifs OND
Variations des configurations	Patterns de hauteur Patterns de durée

Tableau 3 : Liste des épreuves de la version courte du BAC

2.6. Les outils techniques nécessaires à la passation du Bilan Auditif Central

Le test du BAC est accessible à partir d'un CD audio dont l'utilisation peut se faire selon plusieurs modalités (avec un audiomètre ou une chaîne Hi-Fi ou un baladeur CD). Quelle que soit la modalité choisie, les pistes audio sont administrées au casque. Pour notre étude, nous choisissons le principe du lecteur CD. Nous utilisons celui présent dans notre **ordinateur portable**, sur lequel nous branchons un casque stéréophonique à la sortie son de ce même ordinateur portable. Lors de l'installation du matériel, il est impératif de garder les canaux auditifs droit et gauche séparés en utilisant le mode **STEREO**.

D'après les recommandations des concepteurs, il faut éviter l'ajustement automatique du volume des pistes. Nous choisissons d'utiliser le logiciel *Sound Forge*, afin de **calibrer les pistes** à la même intensité. Nous nous assurons du bon fonctionnement de ce calibrage grâce à l'utilisation d'un sonomètre. En effet, pour chaque piste, nous vérifions que l'intensité à la sortie du casque est bien de 70 dB Sound Pressure Level (SPL : valeur qui correspond au niveau sonore provenant d'une source sonore), comme indiqué. D'après les recommandations, il s'agit de l'intensité de présentation nécessaire chez des enfants dont la perte moyenne inférieure à 35 dB

Hearing Level (HL : valeur qui correspond à ce que l'oreille entend). Cette situation correspond donc aux deux populations d'expérimentation, étant donné que nous écartons une surdité périphérique chez tous les enfants. Les auteurs du BAC conseillent également l'utilisation d'un **diviseur de signal audio**. En effet, celui-ci nous permet de brancher deux casques à la sortie audio. Nous pouvons entendre ce qu'entend l'enfant et ainsi nous adapter à ses commentaires et à ses hésitations éventuelles.

Durant la passation de l'Alouette et du BAC nous **enregistrons les enfants** afin de pouvoir travailler sur l'analyse et la cotation de certaines réponses dont nous ne sommes pas sûres. Cela nous permet également de chronométrier la passation du test de l'Alouette sans que l'enfant ne s'en aperçoive.

Le tableau présenté ci-dessous permet de faire le récapitulatif du matériel utilisé.

					
Ordinateur portable : Système d'exploitation : Windows 7.	Sonomètre.	Casque stéréophonique de qualité professionnelle pour les enfants testés.	Casque de l'examinateur.	Diviseur de signal audio.	Dictaphone servant également de chronomètre.

Tableau 4: Ensemble du matériel utilisé pour la passation des épreuves du BAC

2.7. La répartition des rôles durant la passation du Bilan Auditif Central

Lors de la passation des épreuves nous nous répartissons les rôles. L'une d'entre nous s'occupe du **déroulement des pistes audio** dont elle maîtrise le rythme sur l'ordinateur. Le diviseur de signal audio permet à celle qui maîtrise les pistes d'adapter la vitesse de déroulement

au rythme des réponses de l'enfant. La seconde d'entre nous **donne les consignes de passation à l'enfant et reporte ses réponses sur le protocole de passation.**

Nous venons de décrire les outils que nous employons durant toute notre expérimentation. Nous présentons maintenant le recueil des données et leur cotation.

3. Le recueil des données et la cotation

3.1. Le questionnaire d'anamnèse

Les informations recueillies nous permettent d'inclure les enfants reçus dans leurs populations respectives en **vérifiant l'absence ou la présence d'un diagnostic de troubles dyslexiques**.

3.2. Le test audiométrique

L'audiométriste réalise une audiométrie tonale en voie aérienne et en voie osseuse afin de **déterminer les seuils de l'audition**. Les résultats du test de l'audiométrie tonale nous permettent également d'évaluer le type de surdité et le degré de la perte auditive. Selon les critères du Bureau International d'Audio-phonologie (BIAP), les résultats à l'audiométrie tonale sont considérés comme pathologiques à partir d'une perte auditive moyenne de 20 dB.

3.3. Le test de l'Alouette

L'enfant doit tout d'abord se familiariser avec la feuille puis l'examinateur l'invite à commencer la lecture qui est stoppée au bout de trois minutes. Si l'enfant s'arrête plus de cinq secondes sur un mot l'examinateur l'invite à continuer la lecture. Il note les erreurs de l'enfant sur la feuille de protocole ainsi que les observations au cours de l'épreuve. Il peut s'agir, par exemple, de l'amélioration et la détérioration de la lecture durant les trois minutes, du contrôle à l'aide des images, de la fatigue oculaire, des troubles de la parole et de l'intonation.

L'examinateur arrête l'enfant au bout de trois minutes et comptabilise **le nombre de mots lus**. Les mots lus correspondent au total des mots bien lus, mal lus, sautés isolément et des mots sur lesquels l'enfant a « bloqué » (c'est-à-dire qui ne sont pas lus après cinq secondes d'hésitation). Le nombre de mots des lignes sautées doit être déduit. L'examinateur doit également comptabiliser **les erreurs** : un mot sauté, une ligne sautée et un mot mal lu sont comptés chacun pour une erreur. Les erreurs immédiatement auto-corrigées par l'enfant ne sont

pas comptées.

L'examinateur doit ensuite déterminer **le niveau de lecture** en retirant au nombre de mots lus en trois minutes le nombre de mots qui ne sont pas lus (l'enfant « bloque» plus de cinq secondes dessus et doit passer). L'examinateur possède alors le **score apparent**, composé du nombre de mots réellement lus et du nombre d'erreurs (appelées « corrections »). Le **score réel** correspond dans le tableau « réduction des vitesses de lecture » à un nouveau nombre de mots lus qui est obtenu lorsque l'examinateur met en relation « le nombre de mots réellement lus » avec « les corrections ». Le nouveau nombre de mots lus après réduction de vitesse est reporté dans le tableau d'étalonnage qui permet d'indiquer un âge lexique. L'examinateur peut **comparer l'âge chronologique à l'âge lexique de l'enfant et déterminer s'il existe un écart entre ces deux âges**. Officiellement un écart de deux ans entre l'âge lexique et l'âge chronologique est un résultat pathologique en lecture. Si tel est le cas pour un enfant de la population témoin alors celui-ci est exclu de l'expérimentation.

3.4. Le Bilan Auditif Central

3.4.1. La cotation des résultats recueillis au Bilan Auditif Central et les fonctions des épreuves proposées

3.4.1.1. L'épreuve d'intégration auditive de Lafon

Lors de la passation de la liste de Lafon, un point est attribué par phonème cible testé, indépendamment de la prononciation des autres phonèmes dans le mot. Ainsi, si à l'écoute de « narre » ([nar]), l'enfant répète « nate » ([nat]) nous considérons sa réponse correcte étant donné que le phonème cible [n] est correctement répété. La première liste de Lafon contient une liste de passation de trente items sans adjonction de bruit et une liste de passation de trente items avec adjonction de bruit. Nous obtenons pour chacune des listes de passation un score sur trente. Ces scores sont ensuite normalisés grâce aux tableaux d'étalonnage du BAC pour cette épreuve.

L'épreuve de Lafon évalue la **qualité du décodage phonémique**

3.4.1.2. L'épreuve d'écoute dichotique

Dans l'épreuve d'écoute dichotique, dix points sont attribués à chaque subtest, c'est-à-dire un point à chacun des dix items de chaque subtest. L'ensemble des subtests fournit un total sur cinquante à multiplier par deux pour avoir un résultat sur cent. Une réponse est **considérée comme complète** lorsqu'en situation d'écoute « oreille non désignée », l'ensemble des items perçus à droite et à gauche est restitué en totalité. De même, en situation d'écoute « oreille désignée », l'ensemble des items perçus par l'oreille cible est restitué en totalité. L'enfant obtient alors un point. L'ordre de restitution des items n'a pas d'importance.

Une réponse est dite **droite exclusive** lorsque l'enfant ne restitue correctement que les items perçus par l'oreille droite. Une réponse est dite **gauche exclusive** lorsque l'enfant ne restitue correctement que les items perçus par l'oreille gauche. Les réponses d'oreille exclusive droite et gauche sont comptabilisées dans tous les subtests d'oreille non désignée et d'oreille désignée.

Les subtests d'oreille non désignée correspondent à une tâche **d'intégration binaurale**. L'intégration binaurale évalue le fonctionnement du système auditif central qui permet à l'enfant **de traiter des informations différentes perçues par chaque oreille de manière simultanée**. Les subtests d'intégration binaurale nécessitent la mise en jeu de **l'attention partagée et de la mémoire de travail**.

Les subtests d'oreille désignée correspondent à une tâche de **séparation binaurale**. La séparation binaurale permet d'exclure la sollicitation de la voie auditive centrale directe, ipsilatérale, au profit de la voie auditive croisée (pour rappel : l'écoute dichotique neutralise les afférences directes). Le système auditif central permet à l'enfant **d'inhiber les afférences provenant d'une oreille pour se focaliser sur les afférences de l'autre oreille**. Les subtests de séparation binaurale nécessitent donc la mise en jeu de **l'attention sélective**.

3.4.1.3. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations

Un point est attribué par réponse correcte au subtest des **patterns de hauteur** («Pitch Pattern : PP ») et au subtest des **patterns de durée** («Duration Pattern : DP »). Les concepteurs notent deux particularités quant au mode de passation de ces deux subtests. En effet, en fonction de l'âge de l'enfant voire de l'adulte (de cinq à vingt ans selon les concepteurs du BAC), nous pouvons accepter une réponse musée (fredonnée). De plus, les réponses dites en « miroir » sont

considérées comme correctes car l'enfant perçoit une variation en hauteur ou en durée. Une réponse est dite en « miroir » quand l'ordre des stimuli est perçu mais sa verbalisation est inversée. Par exemple, lorsque l'enfant perçoit une série de stimuli « long-court-long », l'enfant propose la réponse « court-long-court ». Dans la version courte que nous faisons passer, seuls dix passages sont présentés. Nous obtenons alors un résultat noté sur dix pour chacun des subtests. Nous multiplions le résultat total de chaque subtest par deux pour avoir un résultat noté sur vingt pour les patterns de hauteur et un résultat noté sur vingt pour les patterns de durée. Nous analysons ensuite ces résultats par rapport au tableau de normalisation pour chaque subtest de cette épreuve.

Les épreuves de reconnaissance des variations de configurations permettent d'interroger la capacité de l'enfant à **tenir compte des informations supra-segmentales d'un message verbal** (mélodie, intonation). Les informations supra segmentales participent à la compréhension et à la segmentation plus ou moins fine des éléments de la parole (mots, syllabes et phonèmes).

3.4.2. Le tableau récapitulatif des scores totaux pour chacune des épreuves du Bilan Auditif Central

Nous présentons ici le tableau qui récapitule le nombre de points maximum pour chaque épreuve du BAC. Nous précisons que le score obtenu à l'épreuve d'écoute dichotique est sur cinquante. Nous devons multiplier ce résultat par deux - pour obtenir un résultat sur cent - afin de pouvoir analyser ces résultats d'après les tableaux d'étalonnage. De même, les scores obtenus aux subtests de variations de configurations en hauteur et en durée sont pour chacun des subtests sur dix. Nous devons multiplier ces deux résultats par deux - pour obtenir deux résultats sur vingt - afin de pouvoir analyser ces résultats d'après les tableaux d'étalonnage.

Liste des épreuves du BAC		Nombre de points maximal pour chaque épreuve du BAC
Liste de Lafon	Sans bruit	30
	Avec bruit	30
Ecoute dichotique		50
Variations de configurations	Pattern de hauteur	10
	Patterns de durée	10

Tableau 5 : Nombre de points maximal pour chaque épreuve du BAC

3.4.3. La prévalence d'oreille

Le BAC permet d'indiquer la présence d'une prévalence d'oreille chez l'enfant testé. La prévalence d'oreille (PO) est une mesure obtenue à partir des résultats observés aux subtests de l'épreuve d'écoute dichotique. **Il s'agit d'une situation où un enfant répète préférentiellement que les items perçus par une des deux oreilles.** Comme nous l'expliquons plus tôt, l'enfant ne répétant que les items perçus par une oreille et non par l'oreille contralatérale obtient une réponse d'oreille dite droite ou gauche exclusive. Les résultats d'oreilles exclusives droites ou gauches sont uniquement utilisés pour déterminer la présence ou l'absence d'une prévalence d'oreille.

Le manuel d'utilisation du BAC indique à l'examinateur le calcul à réaliser afin d'obtenir un pourcentage de prévalence d'oreille. Il faut, dans un premier temps, additionner toutes les réponses droites puis gauches exclusives fournies au cours des subtests de l'épreuve d'écoute dichotique. Ces sommes correspondent aux termes « droite exclusive » et « gauche exclusive » dans le calcul ci-dessous :

$$P.O. (\%) = (\text{Droite exclusive} + \text{Gauche exclusive}) / (\text{Droite exclusive} + \text{Gauche exclusives}) \times 100$$

L'examinateur doit ensuite évaluer si le pourcentage de prévalence d'oreille obtenu est significatif. Afin d'évaluer la signification statistique « t » de cette prévalence d'oreille, nous

utilisons la formule statistique de Mc Nemar, fournie dans le guide d'utilisation du BAC. Ce calcul nous permet d'évaluer la probabilité de retrouver le même pourcentage de prévalence d'oreille chez un sujet donné lors d'un retest. Le « t » statistique obéit à la loi normale. Une valeur supérieure à 1,96 implique un risque dit « alpha » égal ou inférieur à 0,05 de ne pas retrouver la même valeur. Le « t » statistique est donc d'une grande précision. D'après les concepteurs du BAC, il est recommandé d'administrer l'ensemble des dix subtests de l'épreuve d'écoute dichotique afin d'évaluer le niveau de confiance d'une prévalence d'oreille. Nous rappelons que durant notre expérimentation nous ne faisons passer que cinq des dix subtests. Le calcul pour obtenir ce « t » statistique est le suivant :

$$t = (\text{Droite exclusive} + \text{Gauche exclusive}) / \text{Racine} (\text{Droite exclusive} + \text{Gauche exclusives})$$

Les concepteurs du BAC remarquent l'existence d'une forte prévalence d'oreille en faveur de l'oreille droite et qui diminuerait avec l'âge. **Les résultats de prévalence d'oreille ne sont pas des notes à comparer à une norme qui permettrait de situer un enfant en terme de « performances ».**

Lors de notre expérimentation nous calculons les prévalences d'oreille pour chacun des enfants. Nous ne nous intéressons toutefois pas aux pourcentages obtenus à ce calcul car nous ne savons pas quelle analyse en faire. En effet, nous ne trouvons pas d'indication dans le guide du BAC sur l'analyse de ce pourcentage. Nous souhaitons cependant déterminer si la prévalence d'oreille relevée, quelle que soit son pourcentage, est significative. Nous nous intéressons donc à la prévalence d'oreille qu'en terme de significativité

Une prévalence d'oreille jugée trop importante par un médecin ORL doit faire l'objet d'une remédiation. Le BAC permet ainsi d'objectiver l'évolution de la prévalence d'oreille et de guider la prise en charge.

Les auteurs expliquent également que seule une prévalence très importante fait l'objet d'une attention particulière en fonction de l'âge, de l'anamnèse, des difficultés observées et nécessite l'avis d'un médecin ORL.

4. Les précautions méthodologiques

Nous évoquons maintenant les précautions méthodologiques que nous relevons à propos de notre expérimentation et qu'il est important de souligner.

Notre population est constituée de dix enfants. **Ce nombre n'est pas pertinent** pour nous permettre de généraliser les résultats obtenus. De plus, nous ne pouvons pas établir **un appariement exact en âge et en sexe** entre les deux populations.

La lourdeur de l'expérimentation est aussi un facteur dont nous devons tenir compte. Les différents tests sont administrés en une seule fois, au département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy. Nous souhaitons en effet ne faire déplacer qu'une seule fois les familles. De plus, les enfants testés sont relativement jeunes, leurs âges se situant entre huit six mois ans et onze ans un mois. Les audiométristes font passer aux enfants un test d'audiométrie tonale et nous administrons le test de l'Alouette (pour les enfants témoins afin d'exclure un trouble spécifique de la lecture) et le Bilan Auditif Central. Ce protocole d'expérimentation est long pour de jeunes enfants. Nous devons donc tenir compte de l'influence de la fatigue et des capacités de concentration sur les résultats obtenus.

Une autre précaution méthodologique concerne les enregistrements des épreuves du BAC. Lorsque nous écoutons les pistes proposées, nous remarquons que **certains phonèmes sont difficilement identifiables** du fait de l'accent belge. Nous remarquons plusieurs difficultés dont il nous faut tenir compte lors de l'analyse qualitative des résultats. Dans la liste I de Lafon (audiométrie vocale dans le bruit), deux mots ont pour cible le phonème [] (dans les mots « pinte » et « teinte »). La prononciation belge de ce phonème se situe entre la prononciation française des phonèmes [] (comme dans le « ein » de « teinte ») et [] (comme dans le « ê » de « tête »). Un enfant français aurait peut-être tendance à restituer le phonème [] à l'écoute du phonème []. Une autre difficulté liée à l'accent belge, dans l'épreuve d'écoute dichotique, aux subtests des chiffres, est la prononciation du mot « huit ». Le son [ɥi] de « huit » se prononce [wi] (comme dans le mot « oui »). Ceci peut-être déstabilisant pour un enfant français n'y étant jamais confronté, même s'il sait que des chiffres lui sont présentés.

Lors du calibrage des pistes, nous cherchons à ce que l'intensité des pistes au casque soit de 70 dB. Toutefois, ceci n'est qu'une moyenne en raison des **variations en intensité des items**

présents dans chaque piste. Nous prenons le parti de ne pas modifier ces variations d'intensité étant donné que la normalisation du test est faite à partir de ces enregistrements.

Une étude d'Allen P. et Allan C. (2014) concernant le diagnostic des troubles auditifs centraux, souligne une précaution méthodologique importante. Les auteurs croisent les résultats de soixante-trois enfants (ayant entre sept et dix-sept ans) obtenus à des tests subjectifs évaluant le système auditif central, la réussite scolaire, le langage, la phonologie, la mémoire et l'attention. L'ensemble de ces résultats est ensuite mis en lien avec les résultats obtenus aux tests objectifs de recueil des seuils de réflexe stapédiens et aux réponses de la partie du tronc cérébral responsable de l'analyse auditive. Les résultats de cette étude mettent en avant que **l'évaluation du système auditif central se basant sur des tests subjectifs peut être influencée par le niveau de langage de l'enfant** et ainsi fausser les résultats nécessaires à la pose d'un diagnostic de TTA. Cette étude vient confirmer le principe selon lequel la pose du diagnostic d'un TTA ne peut se faire sans tests objectifs et subjectifs pluridisciplinaires. Nous utilisons pour notre expérimentation **les épreuves subjectives du BAC**, nous gardons donc à l'esprit que les résultats peuvent être influencés par le niveau de langage de l'enfant. Nous essayons d'inclure dans la population témoin des enfants sans difficultés scolaires particulières, sans troubles diagnostiqués et sans situations socio-familiales complexes, afin de limiter au maximum l'influence du niveau de langage des sujets. En ce qui concerne les enfants porteurs de troubles dyslexiques, il est fréquent de retrouver des fragilités au niveau du langage oral. Ces fragilités pourraient alors influencer négativement les résultats obtenus au BAC sans que le système auditif central ne soit forcément impliqué.

Au cours de notre expérimentation, nous n'utilisons qu'un test subjectif, le BAC. Nous rappelons qu'un diagnostic des troubles du traitement auditif nécessite **la passation de tests subjectifs et objectifs** (détailé dans la sous-partie 2.5.4. *Les tests auditifs centraux objectifs* de la partie théorique).

Nous utilisons deux tableaux d'étalonnage différents pour l'analyse des résultats de notre population. Le premier tableau concerne les enfants âgés de huit ans à neuf ans onze mois. Le second tableau concerne les enfants âgés de dix ans à onze ans onze mois. Nous remarquons que ces deux tableaux incluent des enfants dont la différence d'âge peut aller jusqu'à vingt-trois mois. Nous savons cependant que le SAC maturerait jusqu'à l'âge adulte. Nous considérons donc qu'un intervalle de vingt-trois mois dans un tableau d'étalonnage **ne rend pas finement**

compte des performances d'un enfant. Pour donner un exemple, deux enfants âgés respectivement de huit ans et de neuf ans onze mois, qui obtiennent tous les deux le même résultat brut, ont le même résultat étalonné alors qu'ils ont presque deux ans de différence d'âge.

Une dernière précaution méthodologique concerne la prévalence d'oreille. Les concepteurs du BAC expliquent que les résultats concernant la prévalence d'oreille doivent préférentiellement se baser sur les résultats obtenus aux dix subtests d'écoute dichotique. Nous rappelons que la version courte du BAC que nous faisons passer aux enfants ne comprend que cinq subtests d'écoute dichotique. **La fiabilité des résultats obtenus en terme de prévalence d'oreille n'est donc pas maximale.**

Nous venons de présenter, dans cette partie méthodologie, nos deux populations ainsi que les outils employés pour les étudier et les comparer. Nous avons également énoncé les précautions méthodologiques que nous relevons à propos de notre expérimentation. Nous pouvons maintenant, dans la partie qui suit, avancer nos deux hypothèses opérationnelles.

5. Les hypothèses opérationnelles

Nous souhaitons tout d'abord rappeler notre hypothèse générale qui postule l'existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Cette hypothèse générale nous permet de présenter nos deux hypothèses opérationnelles dans les paragraphes suivants.

L'étude de Demanez L. et Demanez J.P. (2011) révèle de moins bons résultats aux épreuves du BAC chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Ces résultats suggèrent des anomalies de fonctionnement du système auditif central chez ces enfants. Nos lectures nous permettent de supposer que la nature même des troubles du traitement auditif pourrait entraver la bonne mise en place du système phonologique d'un enfant. La théorie phonologique est actuellement une des théories les plus répandues pour expliquer les troubles dyslexiques. Ce cheminement de pensée nous amène à étudier les liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Notre première hypothèse opérationnelle est la suivante : **les résultats obtenus aux épreuves du BAC seraient moins bons dans le groupe d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans le groupe d'enfants témoins.**

La même étude de Demanez L. et de Demanez J.P. (2011) rapporte que les enfants porteurs de troubles dyslexiques présentent des prévalences d'oreilles gauche ou droite plus fréquentes que chez les enfants témoins. Les enfants porteurs de troubles dyslexiques présenteraient une latéralisation hémisphérique des stimuli auditifs différente de celle des enfants témoins. Les résultats à cette étude nous amènent à formuler une seconde hypothèse opérationnelle : **il existerait une prévalence d'oreille droite ou gauche plus fréquente dans la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans la population d'enfants témoins.** Malheureusement nous ne trouvons pas d'autres supports théoriques sur la prévalence d'oreille. Nous ne pouvons pas avancer d'hypothèse théorique concernant la prévalence d'oreille qui serait la synthèse d'un apport théorique. Les liens entre troubles dyslexiques et prévalence d'oreille constituent donc une hypothèse opérationnelle dans notre mémoire.

Après avoir détaillé la méthodologie de notre expérimentation nous pouvons passer à l'analyse des résultats recueillis et interroger la validité de notre hypothèse générale et de nos hypothèses opérationnelles.

Troisième partie : Analyse des résultats

1. L'analyse des données

1.1. Les différents types de variables

Nous définissons ici les différents types de variables qui interviennent dans notre expérimentation.

On appelle variable indépendante (VI), une variable que nous manipulons ou fixons. Dans le cadre de notre étude, il s'agit du protocole de passation de l'Alouette et du BAC, de la cabine insonorisée et du matériel calibré.

On appelle variable dépendante (VD), une variable que nous observons et qui va donner lieu à un décompte ou une mesure. Elle dépend du sujet testé. Dans le cadre de notre étude, il s'agit de l'exactitude ou non des réponses fournies aux tests.

On appelle variable intermédiaire (VIN), une variable hypothétique qui est fonction de l'environnement et qui est déterminée par la constitution comportementale du sujet. Dans le cadre de notre étude, il s'agit du niveau de langue du sujet, de son milieu socio-culturel, de ses capacités attentionnelles, mnésiques et de sa fatigabilité.

1.2. L'analyse des résultats à l'épreuve de l'Alouette

1.2.1. Le recueil des résultats à l'épreuve de l'Alouette

Seuls les enfants de la population témoin ont à lire le texte de l'Alouette. Comme nous l'expliquons plus tôt, nous voulons nous assurer que les enfants de la population témoin n'ont pas d'importantes difficultés au niveau du langage écrit. Ceci nous permet de les inscrire dans la population témoin par opposition à la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques.

Voici le tableau comparant les âges chronologiques des enfants avec les âges lexiques obtenus au test de l'Alouette :

	Nom	Age chronologique (ans)	Age lexique selon l'Alouette (ans)	Ecart entre l'âge chronologique et l'âge lexique (ans)
Population Témoin	A	8,6	7,6	- 1
	B	9,2	10,5	+ 1,3
	C	10,1	10,10	+ 0,9
	D	10,3	9,2	- 1,1
	E	10,8	8,6	- 2,2

Tableau 6 : Résultats des enfants de la population témoin à la lecture du texte de l'Alouette

1.2.2. L'analyse des résultats à l'épreuve de l'Alouette

Le test de l'Alouette est un test de leximétrie. Il permet de **renseigner sur l'âge lexique de l'enfant lecteur**. Nous rappelons que d'après les normes de ce test, un résultat est dit pathologique lorsqu'il existe un retard de deux ans entre l'âge réel dit « âge chronologique » de l'enfant et son âge de lecture dit « âge lexique ».

D'après les résultats obtenus, quatre enfants ne se retrouvent pas en situation de retard pathologique.

L'enfant E obtient un résultat considéré comme pathologique. En effet, il y a un décalage de deux ans deux mois entre son âge chronologique et son âge lexique. Cependant, nous pouvons observer lors de la lecture du texte que l'enfant E ne semble pas s'appliquer. Il semble pressé de terminer sa lecture. En ce qui concerne le nombre d'erreurs, les sauts de ligne incomplets de l'enfant E entraînent la comptabilisation d'un grand nombre d'erreurs. C'est une situation qui ne se retrouve chez aucun des autres enfants témoins. Nous savons également, d'après le questionnaire d'anamnèse, que l'enfant E a de bons résultats scolaires et aime lire. Aucune difficulté n'est d'ailleurs relevée par ses parents ou par l'école. Nous considérons que l'enfant E ne présente pas de troubles de la lecture et nous l'incluons donc dans notre population d'enfants témoins.

1.3. L'analyse des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central

1.3.1. Le rappel des hypothèses opérationnelles

Notre souhaitons ici rappeler nos deux hypothèses opérationnelles concernant les résultats aux épreuves du BAC avant d'analyser les données recueillies. Notre première hypothèse opérationnelle avance que **les résultats obtenus seraient moins bons dans le groupe d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans le groupe d'enfants témoins**. Notre seconde hypothèse opérationnelle postule **qu'il existerait une prévalence d'oreille droite ou gauche plus fréquente dans la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans la population d'enfants témoins**.

1.3.2. Le recueil des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central

1.3.2.1. La cotation des épreuves du Bilan Auditif Central en vue du recueil des résultats bruts

Toutes les épreuves du BAC se cotent de la même façon. Un point est attribué pour chaque réponse correcte. Nous rappelons tout de même le cas particulier de la cotation des subtests de l'épreuve d'écoute dichotique. En situation d'oreille désignée, l'enfant doit répéter les items perçus dans une seule oreille. Nous précisons que l'ensemble des items doit être répété pour obtenir le point. Il en est de même pour les subtests d'oreille non désignée. L'enfant doit répéter l'ensemble des items perçus par les deux oreilles pour obtenir le point.

Nous obtenons à la fin de la passation du BAC quatre notes qui correspondent à quatre résultats bruts. Une note pour les résultats obtenus à la liste I de Lafon, une note regroupant l'ensemble des cinq subtests de l'épreuve d'écoute dichotique et une note pour chacun des deux subtests - des patterns de hauteur et de durée - de l'épreuve de variations de configurations.

Les résultats bruts recueillis se trouvent en annexe.

1.3.2.2. Le recueil des résultats étalonnés aux épreuves du Bilan Auditif Central

En ce qui concerne les résultats obtenus en terme de prévalence d'oreille à l'épreuve d'écoute dichotique, nous faisons le choix suivant. Les enfants qui ne présentent pas de prévalence d'oreille ont une note de 0 et les enfants qui présentent une prévalence d'oreille ont une note de 100. Ces deux notes ne correspondent pas à des notes étalonnées. Il s'agit ici de marquer l'absence ou la présence d'une prévalence d'oreille chez les enfants des deux populations. Les résultats obtenus ne sont pas des notes à comparer à une norme qui permettrait de situer un enfant en terme de « performances ». Le BAC permet d'évaluer la présence d'une prévalence d'oreille chez un enfant et de suivre son évolution dans le temps. Nous tenons à rappeler que l'absence ou la présence d'une prévalence d'oreille ne sont pas des résultats à qualifier de bons ou mauvais. Seule une prévalence d'oreille jugée trop importante par un médecin ORL nécessite une prise en charge et un suivi.

Les résultats bruts recueillis aux quatre épreuves du BAC nous permettent d'obtenir un résultat final étalonné, à l'aide de tableaux d'étalonnage. Le test du BAC est étalonné en centiles. Les résultats bruts permettent de situer l'enfant depuis le centile 0 jusqu'au centile 100. Un enfant se situe au centile 0 lorsqu'il obtient la note minimale. Un enfant se situe au centile 100 lorsqu'il obtient la note maximale.

Les enfants obtiennent souvent des notes brutes qui les situent entre deux centiles, en particulier à l'épreuve d'écoute dichotique. Nous souhaitons déterminer le plus justement la valeur en centiles d'un résultat brut. Nous appliquons donc le principe suivant. Prenons l'exemple d'un enfant qui obtiendrait une note brute de 25 à l'épreuve d'écoute dichotique. Si le centile 75 correspond à une note brute de 20 et le centile 90 à une note brute de 30 alors l'enfant se situe exactement entre les centiles 75 et 90. Nous considérons donc que son résultat correspond au centile 82,5. Nous n'obtenons pas de réponse lorsque nous demandons aux concepteurs du BAC si cette façon de faire est correcte. Nous prenons donc le parti d'utiliser cette méthode pour déterminer le plus exactement possible le résultat en centiles.

Les résultats étalonnés des dix enfants testés sont regroupés dans le tableau suivant.

	Population d'enfants témoins					Population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques				
	A	B	C	D	E	V	W	X	Y	Z
Lafon Sans Bruit	2,5	2,5	5	100	5	100	5	25	2,5	0
Lafon Sans Bruit Corrigé	100	100	100	100	100	100	100	100	100	25
Lafon Avec Bruit	25	25	90	95	50	10	25	50	50	50
Lafon Avec Bruit Corrigé	75	75	100	95	95	50	90	90	82,5	82,5
Ecoute dichotique	2,5	29,2	16	88,2	25	19	43,8	10	7,5	50
Patterns de hauteur	100	100	100	100	100	100	62,5	75	100	5
Patterns de durée	82,5	2,5	62,5	75	62,5	100	25	0	82,5	62,5
Prévalence d'oreille	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 7 : Résultats étalonnés des enfants porteurs de troubles dyslexiques et des enfants témoins au BAC

Nous remarquons une grande disparité des résultats lorsque nous étudions ce tableau. Afin de permettre une meilleure lisibilité des résultats, chaque épreuve du BAC va être analysée séparément. Nous comparons, pour chaque épreuve, les résultats obtenus par les enfants porteurs de troubles dyslexiques et par les enfants témoins.

1.3.3. L'analyse des résultats aux épreuves du Bilan Auditif Central

1.3.3.1 La liste I de Lafon

1.3.3.1.1. La correction des résultats à la liste I de Lafon

Nous rappelons que la prononciation du phonème [ɛ] (comme dans « pinte ») dans

l'enregistrement de la liste I de Lafon se rapproche très fortement du phonème [ɛ] (comme dans « tête »). Deux mots (« pinte » et « teinte ») possèdent le phonème [ɛ̃] comme cible. Les précautions méthodologiques que nous soulignons concernant l'accent belge se révèlent exactes. Tous les enfants qui se trompent produisent « pète » et « tête » pour les items « pinte » et « teinte ». Dans le tableau des résultats étalonnés, présenté plus haut, les résultats obtenus en ne tenant pas compte des erreurs dues à l'accent belge sont appelés « Lafon sans bruit corrigé » et « Lafon avec bruit corrigé ». Seuls les deux items cités plus haut (« pinte » et « teinte ») sont concernés par cette correction.

Nous soulignons également dans les précautions méthodologiques l'influence de l'accent belge sur la prononciation du mot « huit ». Aucun des enfants n'est cependant gêné par cette prononciation.

Nous présentons ici le graphique comparant les résultats obtenus par les deux populations **à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon**. Deux types de résultats sont comparés, les résultats non corrigés (nommés « Lafon sans bruit ») et les résultats corrigés (nommés « Lafon sans bruit corrigé »).

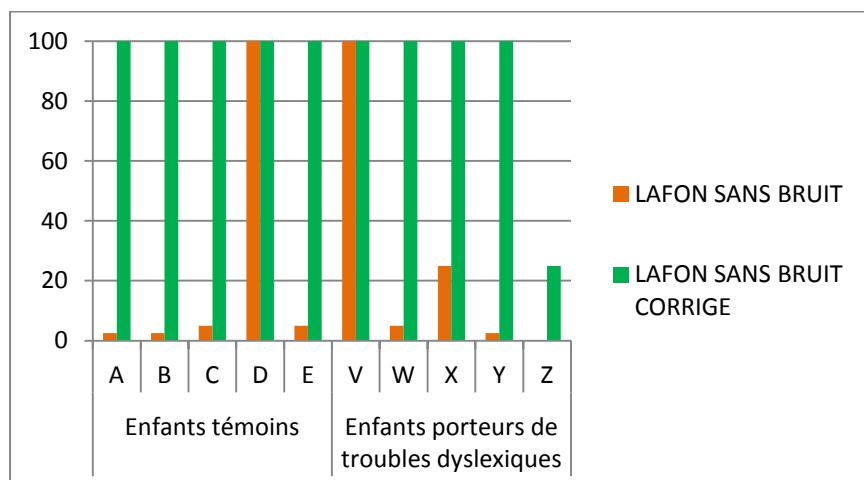


Figure 2 : Comparaison des résultats non corrigés et corrigés à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon pour chaque enfant

Huit enfants sur dix - A,B,C,E,W,X,Y et Z - sont influencés négativement par l'accent belge sur les deux items « pinte » et « teinte ». Ils obtiennent donc de meilleurs résultats à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon lorsqu'ils sont corrigés.

Nous présentons maintenant le graphique comparant les résultats obtenus par les deux populations **à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon**. Deux types de résultats sont comparés, les résultats non corrigés (nommés « Lafon avec bruit ») et les résultats corrigés (nommés « Lafon avec bruit corrigé »).

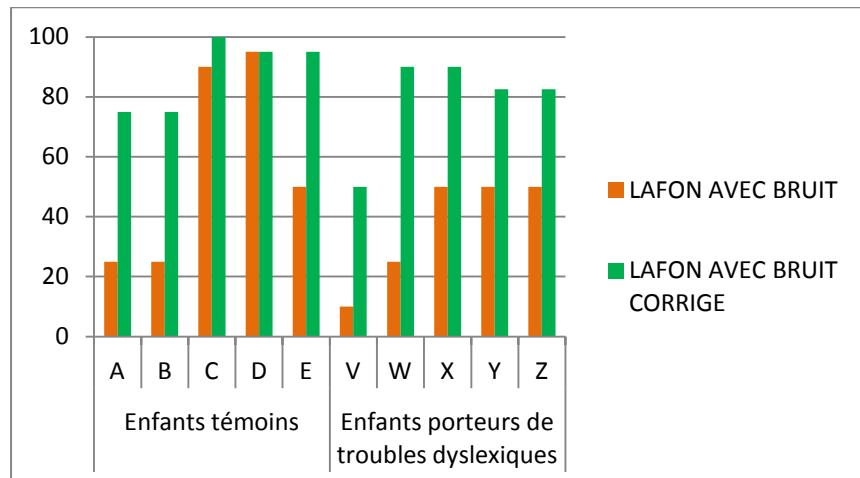


Figure 3 : Comparaison des résultats non corrigés et corrigés à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon pour chaque enfant

Neuf enfants sur dix - A,B,C,E,V,W,X,Y et Z - sont influencés négativement par l'accent belge sur les deux items « pinte » et « teinte ». Ils obtiennent donc de meilleurs résultats à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon lorsqu'ils sont corrigés.

Les résultats confirment notre préoccupation de départ, soulignée en précaution méthodologique. Une très grande proportion des enfants est influencée négativement par l'accent belge. 80% des enfants sont gênés lors de la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon et 90% des enfants le sont lors de la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon. **Nous décidons donc de traiter les résultats corrigés dans la suite de cette analyse.**

1.3.3.1.2. L'analyse des résultats à la liste I de Lafon

Nous présentons ci-dessous les résultats corrigés à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon.

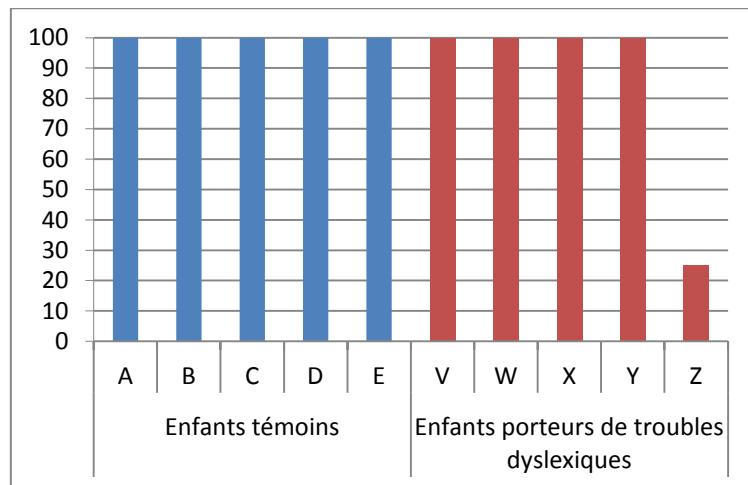


Figure 4 : Comparaison des résultats corrigés des enfants des deux populations à la liste de passation sans bruit de l'épreuve de Lafon

Nous présentons maintenant les résultats corrigés à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon.

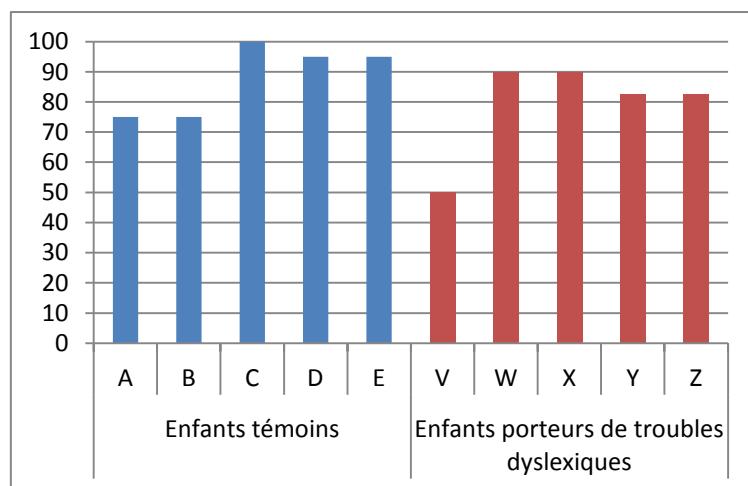


Figure 5 : Comparaison des résultats corrigés des enfants des deux populations à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon

Nous nous intéressons dans un premier temps aux résultats obtenus aux listes de passation de l'épreuve de Lafon sans bruit et avec bruit par tous les enfants, indépendamment de leur population de référence. D'après les deux graphiques, nous constatons que les résultats à la liste de passation avec bruit sont plus faibles que les résultats à la liste de passation sans bruit. La liste de passation avec bruit semble donc plus difficile pour tous les enfants. Nous en concluons que **tous les enfants ont de moins bonnes capacités pour le décodage phonémique lors de la**

liste de passation avec bruit à l'épreuve de Lafon, qui constitue une situation adverse d'écoute.

Nous nous intéressons maintenant à la comparaison des résultats des enfants des deux populations aux listes de passation de l'épreuve de Lafon sans bruit et avec bruit.

Dans la population des enfants porteurs de troubles dyslexiques, seul l'enfant Z n'obtient pas le score maximum qui le situerait au centile 100, à la liste de passation sans bruit. Toutefois son résultat n'est pas pathologique puisqu'il est supérieur au seuil pathologique du centile 5. Dans la population d'enfants témoins tous les enfants obtiennent le score maximum.

Les enfants témoins et porteurs de troubles dyslexiques obtiennent de bons résultats à la liste de passation avec bruit. Afin de permettre une meilleure lisibilité des résultats recueillis, nous effectuons la moyenne des résultats obtenus par les enfants de chaque population. Nous avons conscience qu'effectuer une moyenne sur un petit effectif ne permet pas d'obtenir un résultat significatif. Cependant calculer une moyenne est le seul outil qui nous permet de comparer les deux populations entre elles. Nous obtenons une moyenne en centiles de 88 pour les enfants témoins contre une moyenne en centiles de 79 pour les enfants porteurs de troubles dyslexiques. La moyenne obtenue par les enfants porteurs de troubles dyslexiques est moins bonne que celle obtenue par les enfants témoins. Nous pouvons donc en conclure que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon.**

Nous rappelons que l'épreuve de Lafon évalue la **qualité du décodage phonémique**. Les résultats à la liste de passation sans bruit ne montrent pas de différences significatives entre les deux populations. Tous les enfants obtiennent un score maximal hormis l'enfant Z porteur de troubles dyslexiques. Les résultats sont bons dans les deux populations à la liste de passation avec bruit, attestant de bonnes capacités de décodage phonémique. Toutefois les enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent des résultats légèrement plus faibles.

Nous pouvons conclure que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à décoder les phonèmes dans le bruit.**

1.3.3.2. L'épreuve d'écoute dichotique

1.3.3.2.1. Le cas particulier de l'enfant témoin A

Il est important de souligner que la passation du BAC est très délicate pour l'enfant témoin A en ce qui concerne l'épreuve d'écoute dichotique. En effet cet enfant se sent très mal à l'aise (voire angoissé) de se trouver dans une cabine insonorisée fermée par deux portes successives. Le fait d'être « enfermé » nuit très certainement à sa concentration, ce qui influence probablement négativement ses résultats. Ses nombreux échecs constituent un facteur supplémentaire de stress car cet enfant montre un vrai souci de bien faire.

Nous choisissons de présenter les résultats de l'enfant A malgré tout, mais en gardant à l'esprit cette problématique lors de l'analyse des résultats.

1.3.3.2.2. L'analyse des résultats à l'épreuve d'écoute dichotique

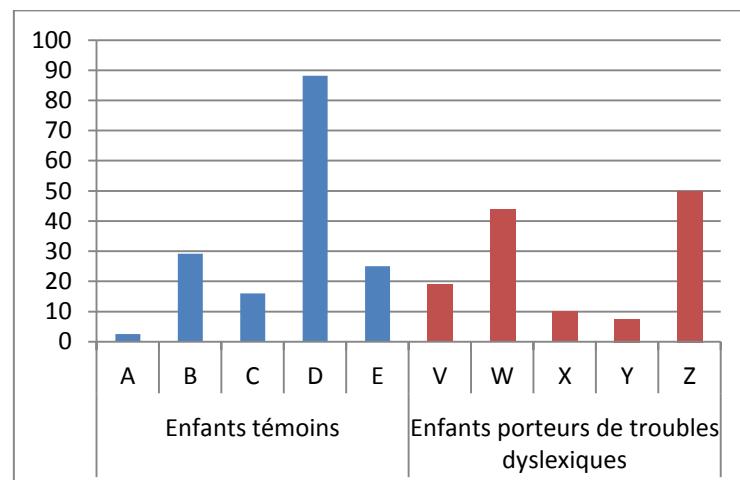


Figure 6 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations à l'épreuve d'écoute dichotique

D'après la représentation graphique nous constatons que les résultats des enfants de la population témoin, comme ceux des enfants de la population porteuse de troubles dyslexiques, sont hétérogènes. Lorsque nous analysons les résultats de manière individuelle, nous remarquons différentes particularités dans les deux populations.

Dans la population des enfants témoins, seul l'enfant A obtient un score pathologique de 2,5, sous la limite pathologique du centile 5. Cependant, comme nous l'avons expliqué plus tôt, les résultats de l'enfant A sont difficilement exploitables compte-tenu de l'important biais émotionnel.

Dans la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques aucun des enfants n'obtient de score pathologique. Toutefois, deux enfants, X et Y, obtiennent des résultats qui s'approchent de la limite pathologique avec des résultats en centiles respectifs de 10 et 7,5.

Afin de dégager une meilleure lisibilité de ces résultats, nous effectuons la moyenne des résultats normalisés des enfants de chaque population. Nous obtenons alors une moyenne en centiles de 32,2 chez les enfants témoins contre une moyenne en centiles de 26,1 chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Nous observons que la moyenne obtenue par les enfants porteurs de troubles dyslexiques est moins bonne que celle obtenue par les enfants témoins. Il est important de noter que les enfants témoins obtiennent une meilleure moyenne malgré les résultats très chutés de l'enfant A.

Bien que ces moyennes ne soient pas significativement différentes, nous pouvons observer que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à séparer les différents stimuli présentés à chaque oreille** (séparation binaurale) et à intégrer les différents stimuli entendus dans les deux oreilles (intégration binaurale).

Nous souhaitons également proposer une analyse qualitative de l'épreuve d'écoute dichotique. Pour ce faire, nous choisissons de présenter un graphique supplémentaire représentant les résultats de tous les enfants aux subtests d'oreille non désignée et aux subtests d'oreille désignée. Ces résultats sont des résultats bruts.

L'épreuve d'écoute dichotique est composée de cinq subtests, chacun noté sur dix. Trente points sont consacrés aux trois subtests d'oreille non désignée. Vingt points sont consacrés aux deux subtests d'oreille désignée. Afin de pouvoir comparer les résultats des deux catégories de subtests sur une échelle commune, nous opérons la règle de proportionnalité. Tous les résultats obtenus en oreille désignée et non désignée sont reportés sur un total de 100.

Afin d'extraire des informations des subtests d'oreille non désignée et d'oreille désignée nous ne pouvons utiliser que des données brutes. En effet seule la somme des résultats aux cinq subtests est étalonnée dans le BAC. Il n'existe pas d'étalonnage pour les subtests d'oreille non désignée ni pour ceux d'oreille désignée. Nous ne pouvons donc pas comparer les enfants entre

eux en nous basant uniquement sur leurs résultats bruts aux subtests d'oreille non désignée et désignée. Nous pouvons simplement comparer les différences entre les résultats obtenus aux deux types de subtest pour un même enfant.

Nous proposons ci-dessous un graphique comparant les résultats aux subtests d'oreille non désignée et d'oreille désignée pour chaque enfant.

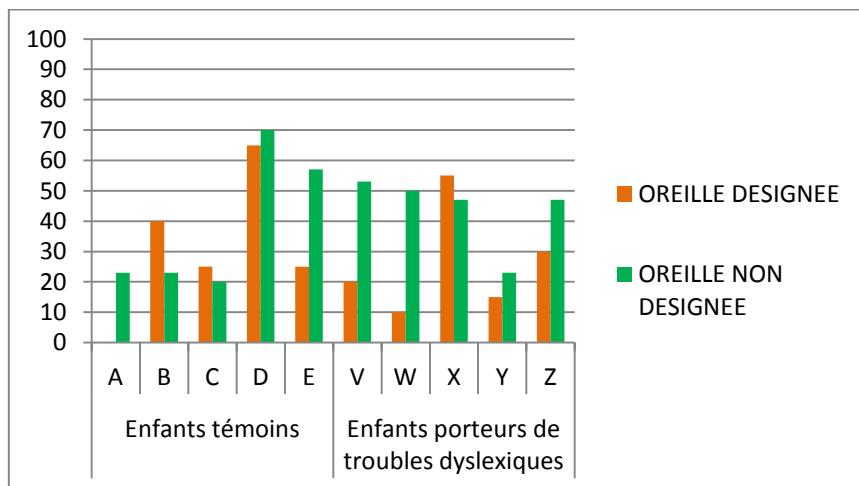


Figure 7 : Comparaison des résultats aux subtests d'oreille non désignée et d'oreille désignée pour chaque enfant

Lorsque nous nous penchons sur la population témoin, nous remarquons que trois enfants sur cinq - A, D et E - obtiennent de meilleurs résultats aux subtests d'oreille non désignée. En ce qui concerne la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques, quatre enfants sur cinq - V, W, Y et Z - obtiennent de meilleurs résultats aux subtests d'oreille non désignée.

Nous n'observons pas de différences significatives entre les deux populations lorsque nous comparons leurs résultats aux subtests d'oreille non désignée et désignée. Pour l'ensemble des enfants des deux populations, les subtests d'oreille désignée semblent plus difficiles que les subtests d'oreille non désignée.

Nous pouvons conclure que **tous les enfants ont de meilleures capacités dans la tâche d'intégration binaurale** (intégration des différents stimuli présentés à chaque oreille). Nous pouvons également conclure que **tous les enfants ont de moins bonnes capacités dans la tâche de séparation binaurale** (séparation des différents stimuli présentés à chaque oreille).

1.3.3.3. L'épreuve de reconnaissance des variations de configurations

1.3.3.3.1. Le subtest des patterns de hauteur

Nous présentons ici les résultats obtenus par les enfants des deux populations au subtest des variations de configurations en hauteur.

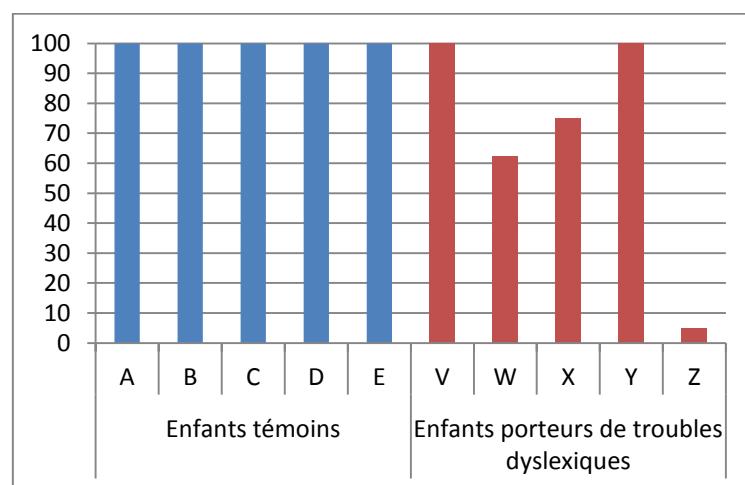


Figure 8 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations au subtest des patterns de hauteur

Au subtest des patterns de hauteur, nous remarquons une différence entre les deux populations. Tous les enfants témoins obtiennent le score maximum. Trois enfants porteurs de troubles dyslexiques sur cinq - W, X et Z - obtiennent de moins bons résultats que les enfants témoins. Un seul de ces trois enfants porteurs de troubles dyslexiques, l'enfant Z, se situe au niveau de la limite pathologique du centile 5.

Nous pouvons en conclure que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à percevoir les variations en hauteur.**

1.3.3.3.2. Le subtest des patterns de durée

Nous présentons ici les résultats obtenus par les enfants des deux populations au subtest des patterns de durée.

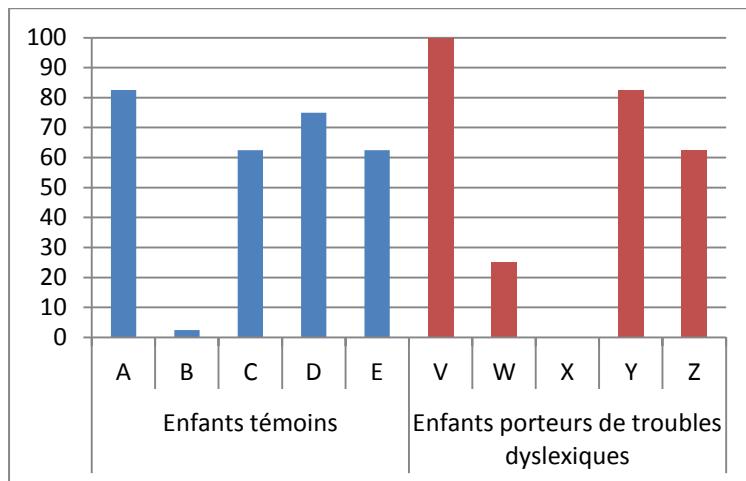


Figure 9 : Comparaison des résultats des enfants des deux populations au subtest des patterns de durée

Nous remarquons que les résultats au subtest des patterns de durée sont moins bons que les résultats au subtest des patterns de hauteur pour les deux populations. Dans le guide d'utilisation du BAC il est en effet indiqué que les enfants ont plus de mal à percevoir les variations de configurations en durée. Nous observons cette difficulté lors de la passation de cette épreuve et dans l'analyse des résultats.

Un seul enfant témoin, l'enfant B, obtient un résultat pathologique. Si nous calculons la moyenne des résultats des enfants témoins nous obtenons une moyenne en centiles de 77.

Chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques, un enfant - l'enfant X - obtient également un résultat pathologique. Si nous calculons la moyenne des résultats des enfants porteurs de troubles dyslexiques nous obtenons une moyenne en centiles de 54.

Nous observons que les résultats au subtest des patterns de durée sont moins bons chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Nous pouvons en conclure que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins pour percevoir les variations en durée.**

L'analyse des résultats aux subtests des patterns de hauteur et de durée montrent que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont des résultats moins bons que les enfants témoins. De moins bonnes capacités dans la perception et/ou le traitement des variations de configurations en hauteur et en durée pourraient avoir des **répercussions sur les habiletés d'un enfant à tenir compte des variations supra-segmentales d'un message verbal.**

1.3.3.4. La prévalence d'oreille

Nous présentons dans le graphique ci-dessous les résultats à l'existence d'une prévalence d'oreille chez les enfants des deux populations. La lecture des résultats est la suivante : si un enfant ne présente pas de prévalence d'oreille sa note est de 0. S'il présente une prévalence d'oreille, sa note est de 100.

Nous rappelons que le calcul d'une prévalence d'oreille s'effectue à l'aide des résultats d'oreilles droites et gauches exclusives recueillis lors de la passation de l'épreuve d'écoute dichotique. D'après l'étude de Demanez L. et Demanez J.P. (2011), les enfants porteurs de troubles dyslexiques présentent plus fréquemment une prévalence d'oreille.

Nous présentons ici les résultats obtenus par les enfants des deux populations en terme de prévalence d'oreille.

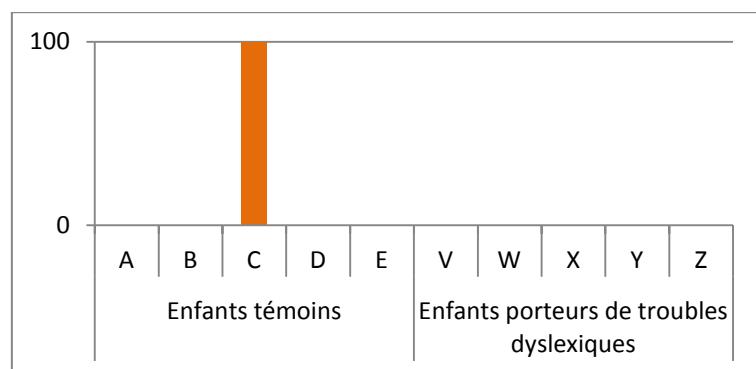


Figure 10 : Prévalence d'oreille chez les enfants témoins et les enfants porteurs de troubles dyslexiques

Les résultats nous montrent qu'un seul enfant présente une prévalence d'oreille. Il s'agit de l'enfant témoin C. Sa prévalence d'oreille concerne l'oreille droite. Nous rappelons que nous ne pouvons pas trouver de support théorique concernant les liens entre troubles dyslexiques et prévalence d'oreille. Nous ne possédons que l'étude de Demanez L. et Demanez J.P. (2011) qui montre une PO chez 12% des enfants contrôles contre 42% chez enfants porteurs de troubles dyslexiques.

Nous pouvons conclure que **les enfants porteurs de troubles dyslexiques ne seraient pas plus sujets à présenter une prévalence d'oreille que les enfants témoins.**

Nous tenons cependant à nuancer cette conclusion. Nous ne faisons passer que cinq

subtests de l'épreuve d'écoute dichotique. Nous rappelons que les concepteurs du BAC conseillent cependant de faire passer les dix subtests de l'épreuve d'écoute dichotique afin d'obtenir des résultats fiables en matière de prévalence d'oreille.

A l'aide du recueil et de l'analyse des résultats au BAC, nous proposons maintenant de nous pencher sur la validation de notre hypothèse générale et nos hypothèses opérationnelles.

2. Validation des hypothèses et discussion

2.1. La synthèse des résultats recueillis

Nous rappelons que notre hypothèse générale postule l'existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Afin de vérifier notre hypothèse nous faisons passer le Bilan Auditif Central à cinq enfants porteurs de troubles dyslexiques et à cinq enfants témoins. Notre première hypothèse opérationnelle avance que les résultats obtenus aux épreuves du BAC sont moins bons chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins.

Nous proposons quatre épreuves du BAC à l'ensemble des enfants.

A l'épreuve de **Lafon**, les résultats montrent que le décodage phonémique est plus complexe lors de la liste de passation de l'épreuve de Lafon avec bruit, qui constitue une situation adverse d'écoute. Cette difficulté se retrouve chez tous les enfants, quelle que soit la population de référence. Toutefois la liste de passation de l'épreuve de Lafon avec bruit reste un peu plus difficile pour les enfants porteurs de troubles dyslexiques. Nous pouvons en conclure que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à effectuer un décodage phonémique en situation adverse d'écoute.

A l'épreuve **d'écoute dichotique**, les résultats révèlent que la tâche de séparation binaurale - évaluée par les subtests d'oreille désignée - est plus complexe pour tous les enfants. La séparation binaurale demande au sujet de séparer les différents stimuli présentés à chaque oreille. L'épreuve d'écoute dichotique montre également que les enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent des résultats légèrement moins bons que les enfants témoins à tous les subtests. Les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins dans la réalisation de tâches d'intégration binaurale en situation d'oreille non désignée et de séparation binaurale en situation d'oreille désignée. Nous pouvons donc conclure que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à séparer les différents stimuli présentés à chaque oreille et à intégrer les différents stimuli entendus dans les deux oreilles.

L'épreuve d'écoute dichotique nous apporte aussi des informations sur la **prévalence d'oreille** des enfants. L'enfant témoin C est le seul enfant à présenter une prévalence d'oreille.

Nous pouvons conclure qu'une prévalence d'oreille ne semble pas plus fréquente chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins.

Aux épreuves de perception de **variations des configurations de hauteur et de durée**, les enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent des résultats un peu moins bons que les enfants témoins. Nous pouvons imaginer que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que les enfants témoins à tenir compte des variations supra-segmentales d'un message verbal.

2.2. La validation de l'hypothèse générale et des hypothèses opérationnelles

Nos analyses révèlent qu'à **l'ensemble des épreuves du BAC, les enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent des résultats légèrement moins bons que les enfants témoins. Ceci confirme notre première hypothèse opérationnelle.** Les résultats au BAC sont moins bons pour les enfants porteurs de troubles dyslexiques mais sans pour autant être pathologiques. Dans le groupe des enfants témoins, l'enfant A obtient un résultat pathologique à l'épreuve d'écoute dichotique. Cependant il est important de rappeler l'important biais émotionnel chez l'enfant A qui nous permet d'envisager que ce résultat ne reflète pas ses véritables capacités. Les enfants B, X et Z n'échouent pas tous au même subtest de l'épreuve de variations de configurations. L'hétérogénéité des résultats dans les deux groupes d'enfants rend difficile leur interprétation. Nous ne pouvons donc pas établir de conclusion à partir de ces résultats pathologiques recueillis au BAC. Enfin, nous ne suspectons un trouble du traitement auditif chez aucun des enfants, indépendamment de leur population de référence. **Nous ne pouvons pas vérifier notre hypothèse générale postulant qu'il existerait des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif.**

La conclusion que nous formulons concernant notre hypothèse générale mérite d'être nuancée. Les nombreuses lectures que nous effectuons nous permettent de proposer cette hypothèse générale. Nous rappelons que nos populations sont constituées de faibles effectifs. Or, les nombreuses études citées dans la partie théorique montrent qu'une partie seulement des enfants porteurs de troubles dyslexiques présentent un trouble du traitement auditif. Il est donc possible que nous ne puissions pas valider notre hypothèse générale en raison de nos faibles effectifs.

Nous rappelons également que notre **seconde l'hypothèse opérationnelle** postule l'existence d'une prévalence d'oreille droite ou gauche plus fréquente dans la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans la population d'enfants témoins. **Les résultats ne nous permettent pas de valider cette hypothèse.**

Les résultats que nous obtenons nous interpellent pour deux raisons. Premièrement les enfants porteurs de troubles dyslexiques ne présentent pas plus fréquemment une prévalence d'oreille. Deuxièmement le seul l'enfant qui en présente une est l'enfant témoin C. Nous tenons cependant à nuancer cette conclusion pour plusieurs raisons. Tout d'abord nous rappelons que les concepteurs du BAC conseillent de faire passer les dix subtests de l'épreuve d'écoute dichotique afin d'obtenir des résultats fiables en matière de prévalence d'oreille. Il est donc possible que les résultats recueillis soient dû au fait que nous ne faisons passer que cinq subtests durant l'épreuve d'écoute dichotique. Nous rappelons également que nous ne trouvons aucun support théorique concernant les liens entre les troubles dyslexiques et la prévalence d'oreille. En conséquence nous ne pouvons pas nous avancer en affirmant que ce résultat soit dû aux petits effectifs des deux populations ou à l'absence de liens existant entre les troubles dyslexiques et la prévalence d'oreille.

2.3. Les limites de notre expérimentation et les critiques du matériel

Certains défauts de notre expérimentation peuvent constituer des limites dans le recueil des résultats.

Une critique importante de notre expérimentation concerne la nature du BAC, qui est un **test subjectif**. Les résultats sont fortement influencés par le niveau de fatigue de l'enfant, ses capacités d'attention et de mémorisation. Les résultats que nous recueillons sont donc dépendants de la situation de passation. La lourdeur de notre expérimentation ne nous permet pas de proposer des tests objectifs supplémentaires évaluant l'audition centrale.

Nous soulignons plus tôt que les **faibles effectifs** de nos populations interfèrent dans la validation de l'hypothèse générale. Nos faibles effectifs nous empêchent également de réaliser un appariement exact en âge et en sexe entre les enfants des deux populations ce qui rend moins précise leur comparaison.

Une critique supplémentaire de notre expérimentation concerne le **niveau de langage** des enfants que nous rencontrons. Nous savons que le niveau de langage peut influencer les résultats

obtenus aux tests subjectifs utilisant du matériel verbal et nécessitant une réponse verbale. Nous n'évaluons les compétences de langage en expression et en compréhension chez aucun des enfants. En effet, la lourdeur de notre expérimentation nous empêche de réaliser des tests supplémentaires, spécifiques au langage oral. Nous ne pouvons donc pas nous prononcer en ce qui concerne le niveau de langage de l'enfant.

Nous souhaitons souligner une dernière critique, qui ne concerne pas notre méthodologie mais le test du BAC. Les pistes audio enregistrées sur CD-Rom ne sont pas de très bonne qualité. En effet, lors de la sélection des pistes pour notre expérimentation, nous réalisons qu'elles n'ont pas toutes été enregistrées à la même intensité. Etant donné que les consignes du BAC demandent d'administrer l'ensemble des pistes à une intensité de 70 dB SPL, il nous faut réenregistrer les pistes à l'aide du logiciel Sound Forge. Cependant les nouvelles pistes obtenues sont à une **intensité moyenne de 70dB**. En effet il existe des variations d'intensité au sein même des pistes contre lesquelles nous ne pouvons rien faire. Nous sommes donc contraintes de travailler avec du matériel audio qui manque de précision.

2.4. Les nouvelles perspectives

En débutant la rédaction de ce mémoire nous lisons de nombreux articles qui concluent à l'existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Lors de notre expérimentation, nous observons des résultats inattendus. En effet nos résultats ne nous permettent pas d'établir de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Toutefois les résultats mettent en avant **de moins bonnes capacités dans le fonctionnement de toutes les structures du SAC évaluées par les épreuves du BAC chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques**.

Les moins bonnes capacités relevées chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques concernent la compréhension de la parole dans le bruit, la séparation et l'intégration binaurale ainsi que la perception des informations supra-segmentales d'un message verbal. Nous rappelons que les troubles dyslexiques sont définis comme un défaut d'automatisation des processus de bas niveau propres à la lecture. Les troubles dyslexiques se manifestent également par des faiblesses voire de réelles difficultés dans les habiletés du langage oral, sous-jacentes au langage écrit. Nous pouvons donc envisager que de moins bonnes capacités dans le traitement des informations auditives verbales et non verbales par le système auditif central pourraient avoir des

répercussions sur les habiletés sous-jacentes au langage écrit. Ce cheminement de pensée permettrait de **mettre en lien les moins bonnes capacités de traitement auditif central - et non les TTA - avec les troubles dyslexiques.**

Un traitement auditif moins performant chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques pourrait entraver le développement voire la maîtrise des habiletés du langage oral nécessaires à l'entrée dans le langage écrit. Nous rappelons néanmoins que le BAC constitue une évaluation de première ligne du système auditif central. Les épreuves du BAC manquent de précision dans l'analyse et l'interprétation des types d'erreurs produites par rapport à une norme. **Nous ne pouvons donc pas nous avancer à dire quelle(s) habileté(s) du langage oral - sous jacentes au langage écrit - serai(en)t plus touchées chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques en étudiant les résultats aux différentes épreuves du BAC.**

L'analyse de nos résultats nous permet d'évaluer la validation de nos hypothèses. Elle nous permet également de discuter des résultats obtenus en soulignant les différentes limites de notre expérimentation et les critiques de notre matériel. Nous souhaitons maintenant faire part de notre positionnement personnel dans ce travail de recherche.

3. Positionnement personnel dans la recherche et les situations cliniques

3.1. Les difficultés rencontrées dans l'interprétation des résultats

Nous sommes confrontées à des difficultés d'interprétation des résultats obtenus aux épreuves du BAC. Avant de commencer les expérimentations nous nous attendons à recueillir des résultats très marqués : des résultats pathologiques chez les enfants porteurs de troubles et de bons résultats chez les enfants témoins.

L'analyse des résultats nous révèle que les enfants - porteurs de troubles dyslexiques et témoins - n'obtiennent que très peu de fois des résultats pathologiques aux épreuves du BAC. Nous observons les mêmes résultats dans les deux groupes d'enfants. Dans chaque groupe, deux enfants obtiennent des résultats pathologiques à une épreuve.

Les résultats peu marqués - dans le sens de la pathologie - rendent difficile l'interprétation en terme de troubles. Nous ne savons pas à partir de quel moment il nous faut suspecter l'existence d'un trouble du traitement auditif. Il nous paraît inapproprié de soupçonner un trouble du traitement auditif lorsqu'un enfant obtient un score pathologique à une seule épreuve du BAC.

Un second élément rend difficile l'interprétation des résultats obtenus au BAC. Le BAC est une **évaluation de première ligne**, qui doit orienter l'enfant vers d'autres professionnels lorsque les résultats sont source de questionnements. L'interprétation des résultats, grandement quantitative à l'aide des tableaux d'étalonnage, nous rend impossible une analyse fine des performances de l'enfant. Certains éléments qualitatifs que nous relevons pourraient faire l'objet d'une attention particulière. Il s'agit par exemple des types d'erreurs faits par l'enfant. Nous pouvons noter si certaines productions des enfants sont des erreurs de type phonologique ou de type attentionnel. Cependant, le BAC ne dispose pas de tableaux d'étalonnage qui permettent une normalisation des types d'erreurs. Nous ne pouvons donc pas comparer les types erreurs des enfants par rapport à une norme ni comparer les types d'erreurs des enfants porteurs de troubles dyslexiques à ceux des enfants témoins.

3.2. Les difficultés rencontrées lors du recrutement des deux populations

Les démarches de recrutement de la population pour l'expérimentation de notre mémoire se révèlent particulièrement délicates et complexes. En effet, les règles de recrutement telles que les textes les imposent sont difficilement réalisables sur la zone de Nancy. De plus, les modalités de notre expérimentation nécessitent de la part des enfants et de leurs parents de venir au département d'otologie du service ORL du CHU de Nancy pour une durée de deux heures. Les enfants ont maintenant école le mercredi matin ce qui implique que le mercredi après-midi est le seul moment de la semaine libéré pour les activités extrascolaires. Il est donc difficile pour les parents, ayant souvent plusieurs enfants, de se libérer si longtemps un mercredi après-midi. Beaucoup de parents qui sont prêts à s'impliquer dans notre expérimentation sont obligés de refuser en raison de **contraintes d'organisation**.

Une difficulté à laquelle nous ne nous attendons pas est **le recrutement d'enfants porteurs de troubles dyslexiques**. Il s'avère que les orthophonistes de la région du Grand Nancy ont pour beaucoup une pratique orientée vers la prise en charge des troubles dyscalculiques dits « troubles logico-mathématiques et du raisonnement ». De nombreux orthophonistes conçoivent que certains enfants soient en difficulté dans leur acquisition du langage écrit mais ils ne souhaitent pas poser de diagnostic de troubles dyslexiques en première intention. Le diagnostic de troubles dyslexiques est normalement posé par exclusion d'autres troubles. Beaucoup d'enfants que nous ne pouvons pas inclure dans notre population présentent des troubles du raisonnement. Leurs prises en charge ont pour objectifs la construction des premiers raisonnements. En effet, selon les ancrages théoriques de ces différents orthophonistes, les troubles du raisonnement ont forcément des répercussions sur les capacités des enfants à mettre en correspondance les phonèmes et les graphèmes. Les troubles du raisonnement ont également un impact sur leur compétence à extraire des règles et des régularités dans la construction des mots. Enfin, ces troubles peuvent également avoir des répercussions sur la construction de la compréhension et de l'application des règles de grammaire. Les règles de grammaire permettent de gérer les accords entre les mots et répondent aux relations entre les mots de différentes classes grammaticales et à leurs différentes fonctions dans la phrase. Selon cette approche, les troubles logico-mathématiques et du raisonnement seraient donc à l'origine des difficultés observées au niveau du langage écrit. Le langage écrit ne serait qu'une des

expressions de ces difficultés de raisonnement. Nous ne pouvons donc pas inclure d'enfants pour lesquels les objectifs principaux de la prise en charge sont la construction et l'exploration des invariants infra-logiques et logico-mathématiques.

Il est également important de souligner que la pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques n'est pas anodine. Les troubles dyslexiques sont reconnus selon la Haute Autorité de Santé comme un handicap. **Les orthophonistes sont donc prudents dans la pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques.**

Les limites d'âge inférieure et supérieure constituent une difficulté supplémentaire au recrutement de la population. Nous définissons la limite d'âge inférieure des enfants de notre expérimentation à huit ans. Il s'agit de l'âge à partir duquel le diagnostic de troubles dyslexiques peut être posé. En effet l'enfant doit présenter un retard de deux ans entre son âge chronologique et son âge lexique. L'âge classique de début d'apprentissage de la lecture débute souvent à partir de six ans. Un décalage de deux ans ne peut donc pas se ressentir avant l'âge de huit ans. Le diagnostic de troubles dyslexiques inclut également la persistance des difficultés malgré une prise en charge orthophonique adaptée. L'évolution des performances de l'enfant après six mois de prise en charge n'est pas jugée suffisante. Les orthophonistes restent souvent prudents quant à la pose d'un diagnostic de troubles dyslexiques, en regard de l'histoire de la prise en charge de l'enfant. Du fait du faible effectif de nos populations, il nous faut établir une limite d'âge supérieure afin de pouvoir comparer les résultats des enfants des deux populations. Nous limitons l'âge supérieur à onze ans un mois. Ces limites d'âge nous obligent à refuser la participation de certains enfants dont les parents sont pourtant intéressés par notre expérimentation.

3.3. L'apport des connaissances sur le système auditif central et les troubles du traitement auditif

Durant nos quatre années d'étude en orthophonie, nous ne recevons pas d'enseignement dédié au système auditif central et ses troubles. Les troubles du traitement auditif, encore sous-diagnostiqués, ne sont pas non plus à l'origine d'indications d'une prise en charge orthophonique, pourtant possible. Nous ne suivons pas de remédiations des troubles du traitement auditif lors de nos différents stages pratiques. Nous découvrons donc, grâce à la

rédaction de ce mémoire, un nouvel aspect de l'audition : l'audition centrale. La rédaction de ce mémoire nous permet de **comprendre quelles sont les fonctionnalités de l'audition centrale et comment certaines de ses perturbations ou de ses troubles peuvent influencer l'entrée dans le langage écrit.**

Ce travail de recherche nous donne l'opportunité de construire et d'affiner nos connaissances sur ce sujet. Nous espérons donc que cette sensibilisation nous accompagne tout au long de notre pratique.

3.4. L'acquisition de la maîtrise du BAC

Notre expérimentation nous amène à proposer le BAC à dix enfants. Quand bien même nous respectons les mêmes règles de passation pour tous, pas une seule expérimentation ne se déroule de la même façon. Au fur et à mesure que nous réalisons des protocoles de bilan d'audition centrale, nous gagnons en « maîtrise technique ». De manière plus générale, nous saisissons qu'une meilleure « maîtrise technique » d'un bilan nous donne plus de chance de mener une observation clinique de plus en plus fine et ainsi mieux apprécier qualitativement les performances des enfants.

La partie concernant l'analyse des données de ce mémoire nous permet de répondre à nos questionnements établis tout au long de l'avancée de ce mémoire. Le positionnement personnel dans la recherche nous permet par ailleurs de prendre du recul par rapport à notre démarche de recherche et l'interprétation des résultats recueillis. Nous pouvons donc maintenant aborder la conclusion de notre mémoire.

Conclusion

Notre hypothèse générale postulant l'existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif est à l'origine de ce travail de recherche. Nous souhaitons analyser et comparer les résultats obtenus dans un groupe d'enfants porteurs de troubles dyslexiques et dans un groupe d'enfants témoins aux épreuves du Bilan Auditif Central, le BAC. Le BAC est un bilan de première ligne qui évalue les fonctionnalités de l'audition centrale. Nous sommes toutefois confrontées à différentes limites lors de notre expérimentation. Les faibles effectifs des deux populations ne nous permettent ni de générer des observations fiables ni d'en dégager des généralités. La nature des épreuves du BAC représente également une limite à notre expérimentation. En effet, le BAC est un test subjectif et les capacités cognitives de haut niveau d'un sujet, de même que son niveau de langage, peuvent influencer les résultats obtenus.

Nous présentons ici une synthèse globale des résultats obtenus aux épreuves du BAC afin de répondre à notre hypothèse générale et à nos deux hypothèses opérationnelles. Nous rappelons que notre première hypothèse opérationnelle postule que les enfants porteurs de troubles dyslexiques auraient de moins bons résultats aux épreuves du BAC que les enfants témoins.

Les résultats aux épreuves du BAC montrent que les enfants porteurs de troubles dyslexiques obtiennent de moins bons résultats à l'ensemble des épreuves du BAC. Toutefois leurs résultats sont moins bons sans être pathologiques. Nous parvenons ainsi à valider notre première hypothèse opérationnelle.

Les résultats mettent en avant de moins bonnes capacités chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins :

- à la liste de passation avec bruit de l'épreuve de Lafon.
- aux subtests d'intégration et de séparation binaurale de l'épreuve d'écoute dichotique.
- aux subtests de l'épreuve de perception des variations de configurations en hauteur et en durée.

Les enfants porteurs de troubles dyslexiques auraient donc respectivement de moins bonnes capacités à percevoir des phonèmes dans le bruit, à percevoir et traiter des stimuli auditifs en situation adverse d'écoute et à percevoir les informations supra-segmentales d'un message verbal.

Notre seconde hypothèse opérationnelle postule qu'il existerait une prévalence d'oreille droite ou gauche plus fréquente dans la population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques que dans la population d'enfants témoins. Les résultats obtenus ne nous permettent pas de valider

cette seconde hypothèse. Cependant nous ne faisons passer que cinq subtest de l'épreuve d'écoute dichotique - et non les dix recommandés - ce qui nuit à la fiabilité des résultats concernant la prévalence d'oreille. L'absence de supports théorique nous empêche également d'affirmer que ce résultat soit dû aux faibles effectifs testés ou à l'absence d'une prévalence d'oreille plus fréquente chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques.

Avant de débuter notre expérimentation nous nous attendions à confirmer l'existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Notre expérimentation ne valide pas notre hypothèse générale. En effet nous ne suspectons un trouble du traitement auditif chez aucun des enfants porteurs de troubles dyslexiques. Cependant, d'après les fonctionnalités interrogées par les épreuves du BAC, nous observons de moins bonnes capacités au niveau du traitement auditif central chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins.

Nous pouvons ainsi envisager de nouveaux liens entre les troubles dyslexiques et le fonctionnement du système auditif central. Les troubles dyslexiques sont définis comme un défaut d'automatisation des processus de bas niveau propres à la lecture. Nous rappelons que les troubles dyslexiques se manifestent également par des faiblesses voire de réelles difficultés dans les habiletés du langage oral, sous-jacentes au langage écrit. Nous pouvons donc envisager que de moins bonnes capacités dans le traitement des informations auditives verbales et non-verbales par le système auditif central pourraient avoir des répercussions sur les habiletés sous-jacentes au langage écrit. Cependant le BAC constitue une évaluation de première ligne de l'audition centrale. Nous ne pouvons donc pas préciser quelle(s) habileté(s) du langage oral sous-jacente(s) au langage écrit pourrai(en)t être plus particulièrement touchée(s).

La dernière partie de notre conclusion permet d'envisager les pistes de recherches et les perspectives thérapeutiques.

Nous pouvons proposer une piste de recherche qui s'inspire de nos lectures dans les Cahiers de l'Audition. Veuillet et Thai-Van (2011) expliquent que les TTA sont des entités difficiles à diagnostiquer chez des enfants ayant des troubles spécifiques des apprentissages. Les TTA sont souvent sous-diagnostiqués chez des enfants qui présentent plusieurs difficultés dans les apprentissages notamment au niveau du langage oral et du langage écrit. Il serait donc intéressant d'établir l'existence de liens entre d'autres troubles spécifiques des apprentissages (dysphasie, dyspraxie, dyscalculie) et les troubles du traitement auditif à travers l'utilisation du BAC.

Dans les Cahiers de l’Audition, l’article de Masquelier (2011) nous permet de proposer une perspective thérapeutique. Nous savons qu’il existe des protocoles de prise en charge adaptés aux troubles du traitement auditif. De nombreux exercices de rééducation s’adressent au traitement des informations auditives. Les exercices de remédiation visent la reconnaissance des configurations temporelles, le décodage phonétique, la séparation binaurale et l’intégration binaurale. Dans notre mémoire nous ne pouvons pas confirmer l’existence de liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif. Nous relevons cependant que les enfants porteurs de troubles dyslexiques ont de moins bonnes capacités que des enfants témoins dans le traitement d’informations auditives verbales et non-verbales sollicitant des habiletés du système auditif central. Le traitement de ces informations est pourtant indispensable au bon fonctionnement des habiletés du langage oral, nécessaires à l’entrée dans le langage écrit. Il serait donc intéressant d’évaluer l’impact d’une remédiation du système auditif central sur le traitement des informations auditives verbales et non-verbales.

Bibliographie

Allen P., Allan C. Auditory processing disorders: Relationship to cognitive processes and underlying auditory neural integrity. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2014, 78, 198–208.

American Psychiatric Association. *DSM-IV TR, manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux texte revisité*. Issy Les Moulineaux : Masson, 2003, 1065p.

American Speech-Language-Hearing Association, Central Auditory Processing Disorders (doi : 10.1044/policy.TR2005-00043). Rockville : American Speech-Language-Hearing Association. (2005). Disponible à l'adresse : www.asha.org/policy.

Bellocchi S., Muneaux M., Bastien-Toniazzo M., Ducrot S. I can read it in your eyes: What eye movements tell us about visuo-attentional processes in developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 2013, 34, 452-460.

Bosse M.L., Tainturier M.J, Valdois S. Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis, *Cognition*, 2006, 19, 198-230.

Bous A., Moreaux S.. *Les troubles auditifs centraux dans le cadre de la dyslexie développementale, Version française du test LISN-S (Listening In Spatialized Noise – Sentences*. Mémoire : orthophonie, Université Claude Bernard Lyon1, juin 2011, 90p.

Bretherton L., Holmes V.M.. The relationship between auditory temporal processing, phonemic awareness, and reading disability. *J Exp Child Psychol*, 2003, 84, 218-243.

Brin-henry F., Courrier C., Lederlé E., Masy V.. *Dictionnaire d'orthophonie*. Isbergues : Orthoédition, 2004, 304p.

Brionne A.. *L'Amusie : Un type d'agnosie auditive singulier*. Mémoire : audioprothésiste, Faculté de pharmacie de Nancy, 2010, 88p.

Câmara Costa H., Perdry H., Soria C., Pulgar S., Cusin F., Dellatolas G.. Emergent literacy skills, behavior problems and familial antecedents of reading difficulties: A follow-up study of reading achievement from kindergarten to fifth grade. *Research in Developmental Disabilities*, 2013, 34, 1018-1035.

Canale A., Dagna F., Favero E., Lacilla M., Montuschi C., Albera R.. The role of the efferent auditory system in developmental dyslexia. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2014, 78, 455-458.

Castles A., Coltheart M.. Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read?. *Cognition*, 2004, 91, 77-111.

Castles A., Coltheart M. Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, 1993, 47, 149-180.

Cestnick L., Jerger J.. Auditory Temporal Processing And Lexical/Nonlexical Reading In Developmental Dyslexics. *Journal of the American Academy of Audiology*, 2000, 11, 501-513.

Cotte C., Descourtieux C., Legendre I., Loudon N.. Sciences et techniques. *Connaissances surdité*, mars 2006, 15, 32-34.

Daffaure V., De Martino S., Chauvin C., Cay-Maubuisson M., Camps R, et coll.. Dyslexie de développement et trouble temporel : de la perception auditive à la perception du temps conventionnel. *Rev Neuropsychol*, 2001, 11, 115-116.

Demanez L., Demanez J.P.. Evaluation des processus auditifs centraux et syndrome de King Kopetzky. *Les cahiers de l'Audition*, mars-avril 2011, 24, 24-25.

Demanez L., Demanez J.P.. Les troubles auditifs centraux chez les jeunes enfants. *Les Cahiers de l'Audition*, janvier-février 2011, 24, 30-35.

Demanez L., Demanez J.P., Dony B.. Bilan Auditif Central. Liège : Université de Liège, 2003.

Démonet J.F., Taylor M., Chaix Y.. Seminar: developmental dyslexia. *Lancet*, 2004, 363, 1451-1460.

Dlouha O., Novak A, Vokral J.. Central auditory processing disorder (CAPD) in children with specific language impairment (SLI) Central auditory tests. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* , 2007, 71, 903-907.

Dumont A.. Conscience phonologique et troubles centraux de l'audition. *Les cahiers de l'audition*, mars-avril 2011, 24, 26-29.

Elliott M.E., Bhagat S.P., Lynn S.D.. Can children with (central) auditory processing disorders ignore irrelevant sounds?. *Research in Developmental Disabilities*, 2005, 26, 506-517.

Facoetti A., Paganoni P., Lorusso M.L.. The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 2000a, 132, 531-538.

Facoetti A., Paganoni P., Turatto M.. Marzola V., Mascetti G.G.. Visual-spatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, 2000b, 36, 109-123.

Facoetti A., Turatto M., Lorusso M.L., Mascetti G.G.. Orienting of visual attention in dyslexia: evidence for asymmetric hemispheric control of attention. *Experimental Brain Research*, 2001, 138, 46-53.

Facoetti A., Lorusso M L., Paganoni P., Cattaneo C., Galli R., Umiltà C., Mascetti G G.. Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. *Cognitive Brain Research*, 2003, 16, 185-191.

Facoetti A., Lorusso M.L., Paganoni P., Cattaneo C., Galli R., Mascetti G.G.. The time course of attentional focusing in dyslexic and normally reading children. *Brain and Cognition*, 2003a, 53, 181-184.

Fawcett A.J., Nicolson R.I.. Performance of dyslexic children on cerebellar and cognitive tests. *Journal of Motor Behavior*, 1999, 31, 68-78.

Galaburda A.M., Sherman G.F., Rosen G.D, Aboitiz F., Geschwind N.. Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 1985, 18, 222-233.

Galaburda A.M., Menard M.T., Rosen G.D.. Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of science of the USA*, 1994, 91, 8010-8013.

Geiger G., Lettvin J.Y., Zegarra-Moran O.. Task-determined strategies of visual process. *Cognitive Brain Research*, 1992, 1, 39-52.

Gustafson T.J.S., Keith R.. Relationship of Auditory Processing Categories as Determined by the Staggered Spondaic Word Test (SSW) to Speech-Language and Other Auditory Processing Test Results. *Journal of Educational Audiology*, 2005, 12, 49-58.

Hirston W.D, Burdette J.H., Flowers D.L., Wood F.B., Wallace M.T.. Altered temporal profile of visual-auditory multisensory interactions in dyslexia. *Exp Brain Res*, 2005, 166, 474-480.

Halliday L.F., Bishop D.V.M.. Is poor frequency modulation detection linked to literacy problems? A comparison of specific reading disability and mild to moderate sensorineural hearing loss. *Brain and Language*, 2006, 97, 200-213.

Hedenius M., Persson J., Alm Per A., Ullman M.T., Howard Jr. J.H., Howard D.V., Jennische M.. Impaired implicit sequence learning in children with developmental dyslexia, *Research in Developmental Disabilities*, 2013, 34, 3924-3935.

Heiervang E., Stevenson J., Hugdahl K.. Auditory processing in children with dyslexia *J Child Psychol Psychiatry*, 2002, 43, 931-938.

Iles J., Walsh V., Richardson A.. Visual search performance in dyslexia. *Dyslexia*, 2000, 6, 163-177.

Illiadou V., Kaprinis S.. Clinical psychoacoustics in Alzheimer's disease central auditory processing disorders and speech deterioration. *Annals of General Hospital Psychiatry*, 2003, 2-12.

INSERM. *Expertise collective, Dyslexie, Dysorthographie, Dyscalculie, Bilan des données scientifiques* (N° 409001U). Paris, 2007.

Ivry R.B., Justus T.C.. A neural instantiation of the motor theory of speech perception, *Trends in Neurosciences*, 2001, 24, 513-515.

Kim M.J., Jeon H.A, Lee K.M, Son Y.S, Kim Y.B, Cho Z.H.. Neuroimaging features in a case of developmental central auditory processing disorder. *Journal of the Neurological Sciences*, 2009, 277, 176-180.

Klein, V.. *Influence de la typographie sur l'aisance de lecture d'une population d'enfants dyslexiques* [en ligne]. Mémoire d'orthophonie, Université Victor-Segalen, 2010, 130p.

Kujala T., Karma K., Ceponiene R., Belitz S., Turkkila P., Tervaniemi M., Näätänen R.. Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *PNSA*, 2001, vol 98, no. 18, 10509-10514.

Lefavrais P. (1965). *Test de l'Alouette*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.

Leonard C.M., Eckert M.. Asymmetry and Dyslexia. *Developmental Neuropsychology*, 2008, 33 (6), 663-681.

Linvingstone M.S., Rosen G.D., Drislane F.W., Galaburda A.M.. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Science*, 1991, 88, 7943-7947.

Londin E.R., Meng H., Gruen J.R.. A transcription map of the 6p22.3 reading disability locus identifying candidate genes. *BMC Genomics*, 2003, 4-25.

Masquelier M.P.. Remédiation des troubles auditifs centraux chez les enfants. *Les Cahiers de l'Audition*, janvier-février 2011, 24, 37-45.

Meng H., Smith S.D., Hager K., Held M., Liu J., Olson R.K.. DCDC2 is associated with reading disability and modulates neuronal development in the brain. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 2005, 102, 17053-17058. Erratum in: Proc Natl Acad Sci USA 2005b, 102, 18763.

Miller A.C., Wagstaff D.A.. Behavioral profiles associated with auditory processing disorder and specific language impairment. *Journal of Communication Disorders*, 2011, 44, 745-763

Min X., Jing Y., Wai Ting S., Li Hai T.. Atypical lateralization of phonological working memory in developmental dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, 2014, 1-11.

Mody M. Studdert-Kennedy M., Brady S.. Speech Perception Deficits in Poor Readers: Auditory Processing or Phonological Coding?. *Journal of experimental child psychology*, 1997, 64, 199-231.

Moossavi A., Mehrkian S., Lotfi Y., Faghihzadeh S., Sajedi H.. The relation between working memory capacity and auditory lateralization in children with auditory processing disorders. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2014, 78, 1981-1986.

Morlet T.. Trouble du traitement de l'audition et neuropathie auditive / Désynchronisation auditive diagnostic différentiel. *Les Cahiers de l'Audition*, mars-avril 2011, 24, 18-23.

Muchnik C., Ari-Even Roth, D., Othman-Jebara R., Putter-Katz H., Shabtai E.L., Hildesheimer M.. Reduced Medial Olivocochlear Bundle System Function in Children with Auditory Processing Disorders. *Audiology and Neuro-Otology*, 2004, 9, 107-114.

Nicolson R.I., Fawcette A.J., Dean P.. Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 2001, 24, 508-511.

Nopola-Hemmi J., Myllyluoma B., Haltia T., Taipale M., Ollikainen V. et coll.. A dominant gene for developmental dyslexia on chromosome 3. *Journal Of Medical Genetics*, 2001, 38, 658-664.

Peeters M., Verhoeven L., De Moor J., Van Balkom H., Van Leeuwe J.. Home literacy predictors of early reading development in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 2008, 30, 445-461.

Peeters M., Verhoeven L., De Moor L., Van Balkom H.. Importance of speech production for phonological awareness and word decoding: The case of children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 2008, 30, 712–726.

Peeters M., Verhoeven L., De Moor J.. Predictors of verbal working memory in children with cerebral palsy, *Research in Developmental Disabilities*, 2009, 30, 1502–1511.

Peñaloza-López Y.R., del Rosario Olivares García M., Jiménez de la Sancha S., García-Pedroza F., Perez Ruiz S.J.. Assessment of central auditory processes in evaluated in Spanish in children with dyslexia and controls. Binaural Fusion Test and Filtered Word Test. *Acta Otorrinolaringol Esp.*, 2009, 60 (6), 415-421.

Perrot X.. Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central, *Les Cahiers de l'Audition*, mars-avril 2011, 24, 7-17.

Peyrin C., Lallier M., Démonet J.F., Pernet C., Baciu M., Le Bas J.F., Valdois S.. Neural dissociation of phonological and visual attention span disorders in developmental dyslexia: fMRI evidence from two case reports. *Brain & Language*, 2012, 120, 381-394.

Plomin R.. The Emanuel Miller Memorial Lecture 1993. Genetic research and identification of environmental influences, *J Child Psychol Psychiatry*, 1994, 35, 817-834.

Ramus F., Rosen S., Dakin S.C., Day B.L., Castekkote J.M., White S., Frith U.. Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 2003, 126, 841-865.

Rayner K., Murphy L.A., Henderson J.M., Pollatsek A.. Selective attentional dyslexia, *Cognitive Neuropsychology*, 1989, 6, 357-378.

Rey V., De Martino S., Espesser R., Habib M.. Temporal Processing and Phonological Impairment in Dyslexia: Effect of Phoneme Lengthening on Order Judgment of Two Consonants, *Brain and Language*, 2002, 80, 576-591.

Sausey A.(2000). *Recherche de troubles d'intelligibilité de la parole dans le silence et dans le bruit dans la région fréquentielle 1000-2000 Hz, chez des sujets malentendants présentant des seuils audiométriques normaux pour les fréquences inférieures à 2kHz et une perte auditive pour les fréquences supérieures à 2kHz*. Mémoire d'audioprothèse, Faculté de pharmacie de Nancy, novembre 2010, 69p.

Serniclaes W., Sprenger-Charolles L., Carré R., Démonet J.F.. Perceptual discrimination of speech sounds in dyslexic. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 2001, 44, 384-399.

Shapley B, Perry V.H.. Cat and Monkey retinal ganglion cells and their functional roles. *Trends in Neuroscience*, 1986, 9, 229-235.

Share D.L., Jorm A.F., Maclean R., Matthews R.. Temporal processing and reading disability. *Reading and Writing. An Interdisciplinary Journal*, 2002, 15, 151-178.

Spinelli D., Angelelli I.P., De Luca M., Di Pace E., Judica A., Zoccolotti P.. Developmental surface dyslexia is not associated with deficits in the transient visual system. *Neuroreport*, 1997, 8, 1807-1812.

Stein J., Walsh V.. To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends In Neurosciences*, 1997, 20, 147-152.

Stromswold K.. The heritability of language: A review and metaanalysis of twin, adoption, and linkage studies. *Language*, 2001, 77, 647-723.

Taipale M., Kaminen N, Nopola-Hemmi J., Haltia T., Myllyluoma B, et coll.. A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in brain. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 2003, 100, 11553-11558.

Talcott J., Hansen P., Assoku E.L., Stein J.. Visual motion sensitivity in dyslexia : evidence for temporal and energy integration deficits. *Neuropsychologia*, 2000, 38, 935-943.

Tallal P., Miller S., Fitch R.H.. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Annals of the New York Academy of Science*, 1993, 682, 27-47.

Tallal P.. Auditory temporal perception phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 1980, 9, 182-198.

Touzin M. Prise en charge orthophonique des troubles du langage écrit, *Rééducation des troubles spécifiques d'acquisition du langage écrit*, 2013, 73-96. Isbergues : Ortho édition.

Van Hout A., Estienne F. *Les dyslexies, décrire, évaluer, expliquer, traiter*. Paris : Masson., 2001, 344p.

Verstichel P.. Les troubles centraux de l'audition. *Les Cahiers de l'Audition*, mars-avril 2011, 24, 30-36.

Veuillet E., Thai-Van H., Trouble du Traitement Auditif chez les enfants présentant un Trouble Spécifique du Langage. *Les cahiers de l'audition*, janvier-février 2011, 24, 7-18.

Witton C., Talcott J.B., Hansen P.C., Richardson A.J., Griffiths T.D., et coll.. Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers. *Current Biology*, 1998, 8, 791-797.

Ziliotto Dias K., Jutras B, Isabela Olszanski Acrani I., Desgualdo Pereira L.. Random Gap Detection Test (RGDT) performance of individuals with central auditory processing disorders from 5 to 25 years of age. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2012, 76, 174–178.

Annexes

Annexe 1: Liste des acronymes

ASHA : American Speech and Hearing Association

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

BAC : Bilan Auditif Central

BIAP : Bureau Internationnal d'Audio-phonologie

dB : décibels

DP : Duration Pattern

DSM-IV : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV

MDPH: Maison départementale des personnes handicapées

MLD : Masking Level Difference

OD : Oreille Désignée

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OND : Oreille Non Désignée

PEA : Potentiel Evoqué Auditif

PEAP : Potentiel Evoqué Auditif Précoce

PO : Prévalence d'Oreille

PP : Pitch Pattern

QI : Quotient Intellectuel

SAC: Système Auditif Central

SEOCM : Système Efférent Olivo-Cochléaire Médian

TDA-H : Trouble du Déficit de l'Attention avec sous sans Hyperactivité

TSA : Trouble Spécifique des Apprentissages

TTA : Trouble du Traitement Auditif

Annexe 2 : Lexique

Conscience phonologique : Aptitude à percevoir et se représenter la langue orale non plus comme l'enchaînement d'unités de signification (où un mot dit fait directement référence à l'objet de la réalité auquel il fait référence) mais comme une séquence d'unités non signifiantes que sont les syllabes, les rimes et les phonèmes.

Décussation : Entrecroisement des fibres nerveuses symétriques droites et gauches au niveau de la face dorsale du bulbe rachidien et des pédoncules cérébraux. Au point de croisement, les faisceaux nerveux de la droite passent à gauche et inversement.

Graphème : Unité graphique minimale entrant dans la composition d'un système d'écriture. Le graphème est la plus petite unité pertinente et stable avec une fonction distinctive et signifiante. Dans les langues alphabétiques comme le français, on désigne donc ainsi tout signe écrit correspondant à un phonème de la langue orale. Le graphème simple est composé d'une lettre (m-r-u), le graphème complexe de plusieurs lettres (ain, oin, on, ch, ph).

Hétérographes : Se dit d'homonymes ayant la même prononciation mais pas la même forme graphique. Par exemple, « Ma *mère* regarde la *mer* ».

Homographe : Se dit d'homonymes ayant la même forme graphique. Par exemple, « des *fils* de laine et des *fils* de famille ».

Homonyme : Qualifie un mot qui se prononce de la même manière qu'un autre mais qui n'a pas le même sens. Par exemple « *vert* » et «*vers* ».

Homophone : Se dit d'homonymes ayant la même prononciation. Par exemple, la séquence phonique [so] correspond à quatre homophones : sot, seau, sceau, saut.

Mémoire à court terme : Mémoire intervenant après le transfert d'informations provenant de la mémoire sensorielle. Il s'agit d'un type de mémoire dont la capacité serait d'environ 5 à 9 éléments et qui permet le traitement de l'information pendant le stockage même.

Mémoire à long terme : Système très organisé composé de deux types de mémoire : la mémoire implicite et explicite. La mémoire explicite regroupe la mémoire épisodique (événements de la vie quotidienne) et la mémoire sémantique (connaissances du monde). La mémoire implicite est celle qui permet des apprentissages inconscients.

Mémoire de travail : Système à capacité limitée, constitué de différents composants (selon Baddeley d'un administrateur central et de deux systèmes esclaves), destiné au maintien et au stockage temporaire des informations (visuelles et/ou auditives) pendant la réalisation d'une tâche.

Mémoire de travail phonologique : Capacité mnésique à stocker temporairement des informations phonologiques.

Mémoire sensorielle : mémoire qui conserve fidèlement mais très brièvement l'information apportée par les différents sens. La durée de la mémoire sensorielle est très courte, de l'ordre de quelques centaines de millisecondes à une ou deux secondes au maximum. Cette mémoire constitue un passage obligé pour le stockage dans la mémoire à court terme.

Métaphonologie : Cette habileté fait suite à l'acquisition de la conscience phonologique. Il s'agit de la capacité d'un sujet à manipuler les unités de la langue comme les syllabes, les rimes et les phonèmes.

Perception fine de la parole : Il s'agit du seuil de discrimination de la parole. Par exemple, dans une suite rapide de sons [papapapapakapapapa], le sujet avec une perception fine est capable de repérer la différence de [ka] dans la suite [pa].

Phonème : Il s'agit de la plus petite unité que l'on puisse isoler par segmentation dans la chaîne parlée et qui puisse s'opposer à une autre dans le système phonologique de la langue. Un phonème est une entité abstraite. Il peut correspondre à plusieurs sons car il est susceptible d'être prononcé de façon différente selon les locuteurs ou selon sa position et son environnement au sein du mot. Le phonème est le résultat du mouvement combiné des organes buccophonateurs (articulation).

Phonétique : Science linguistique qui étudie les modes de production et de réception des sons de la langue : les phonèmes. Elle s'intéresse plus particulièrement aux variations des processus physiologiques de l'articulation de la parole, aux organes phonatoires, et aux composantes acoustiques des sons.

Phonologie : Science linguistique qui a pour but d'étudier les phonèmes sur le plan fonctionnel. Elle permet de distinguer les sons pertinents de la langue.

Processus Bottom-up : Processus dit de « bas niveau » qui comprend la perception des caractéristiques sensorielles du stimulus.

Processus Top-down : Processus dit de « haut niveau » qui comprend l'intégration et le traitement cognitif du stimulus perçu en fonction des connaissances et des expériences passées, et qui influence la perception.

Pseudo-mot : Production orale ou écrite, sans signification, composée d'une ou plusieurs syllabes. On utilise également les termes de “non-mot” ou de « logatome ».

Sémantique : Correspond au sens d'une unité linguistique.

Stock orthographique : Ensemble de toutes les unités lexicales écrites stockées en mémoire chez un sujet donné. Ce stock peut à tout moment être enrichi, complété, affiné par les diverses expériences écrites du sujet tant en lecture qu'en écriture.

Stratégie de régularisation : Processus qui consiste à lire un graphème complexe (une unité graphémique où plusieurs lettres sont nécessaires à la transcription d'un son) en une suite de lettres qui la composent. Ainsi le « oin » de loin peut être lu [o-in] et le « ch » de « chorale » peut être lu [ʃoral] (avec le « ch » lu comme dans « chat »).

Stratégie de lexicalisation : Processus qui consiste à lire un mot qui appartient au répertoire de la langue là où est écrit un non-mot. Ainsi « tobl » peut être lu « table ».

Supra-segmental : Se dit de chacun des faits de prosodie - intonation, accentuation, rythme, mélodie, tons - qui se manifestent en même temps que la parole mais sur un autre plan.

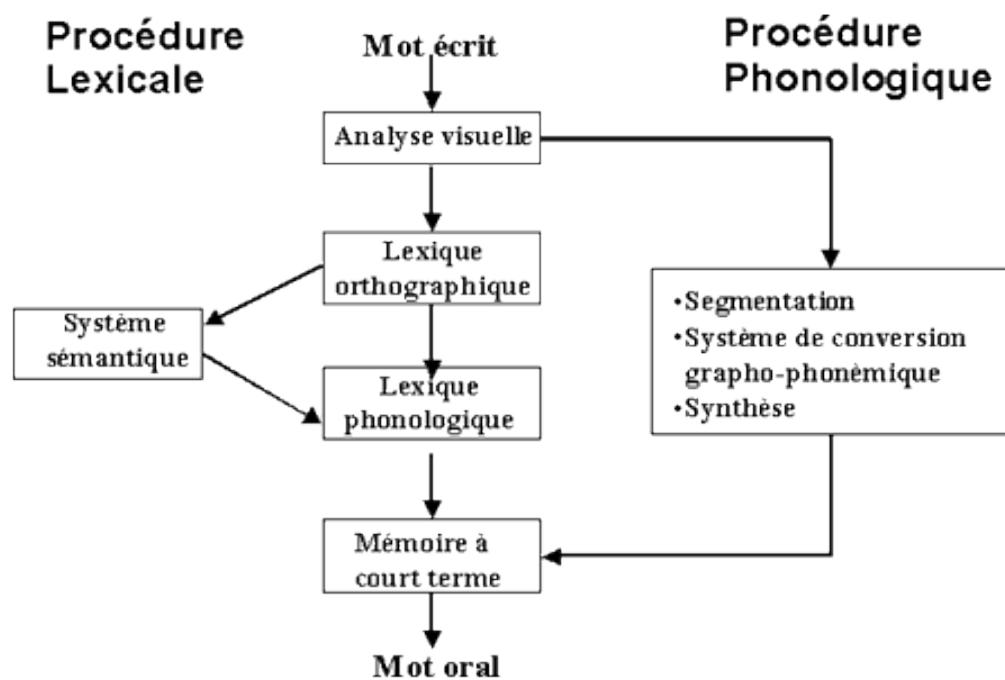
Syntaxique : Relatif à la syntaxe, aux règles qui régissent l'agencement des mots et la construction des phrases.

Troubles spécifiques des apprentissages ou TSA : Les TSA sont constitués d'un ensemble de troubles. En font partie les troubles spécifiques du langage oral (dysphasie), du langage écrit (dyslexie), les dyscalculies, les dyspraxies et les troubles attentionnels avec ou sans hyperactivité (TDA-H).

Voies afférentes : Voie nerveuse qui se projette vers un centre nerveux.

Voie efférente : Voie nerveuse issue d'un centre nerveux.

Annexe 3 : Modèle de Coltheart : modèle de lecture à doubles voies



Annexe 4 : Questionnaire d'anamnèse sur les informations relatives aux enfants

INFORMATIONS RELATIVES AUX ENFANTS

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

Établissement fréquenté :

Classe :

Votre enfant a-t-il déjà redoublé ? : Oui Non

Si oui, quelle classe ?

Un diagnostic quelconque a-t-il déjà été posé concernant votre enfant (trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité, troubles logiques, dysphasie, dyslexie, dyspraxie, autre ...) ?

Oui Non

Si oui, lequel ?

Votre enfant est-il né prématurément ? Oui Non

Si oui à combien de semaines d'aménorrhée?

Avez-vous d'autres enfants ? Oui Non

Si oui, quel âge ont-ils ?

Un diagnostic quelconque a-t-il déjà été posé concernant les frères et sœurs (trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité, troubles logiques, dysphasie, dyslexie, dyspraxie, autre..) ?

Oui Non

Y a-t-il d'autres membres de la famille pour qui un diagnostic a-t-il été posé (retard de parole, de langage, dyslexie, troubles logiques, troubles des apprentissages, autre... ?)

Oui Non

Si oui, pour qui et lequel ?

Questions supplémentaires pour la population d'enfants dyslexiques :

Depuis quand votre enfant est-il suivi en orthophonie ?

Coordonnées de l'orthophoniste :

Résultats bruts des enfants porteurs de troubles dyslexiques et des enfants témoins au test du BAC

Annexe 5 : Tableau de répartition des classes d'âges pour les étalonnages du BAC

Répartition des classes d'âges du BAC
5 ans à 5 ans 11 mois
6 ans à 6 ans 11 mois
7 ans à 7 ans 11 mois
8 ans à 9 ans 11 mois
10 ans à 11 ans 11 mois
12 ans à 15 ans 11 mois
16 ans à 19 ans 11 mois
20 ans à 49 ans 11 mois
50 ans à 59 ans 11 mois
60 ans à 64 ans 11 mois
65 ans à 69 ans 11 mois
70 ans à 74 ans 11 mois
75 ans à 80 ans 11 mois

Annexe 6 : Résultats bruts des enfants au Bilan Auditif Central

	Population d'enfants témoins					Population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques					Note maximale
	A	B	C	D	E	V	W	X	Y	Z	
Lafon Sans Bruit	28	28	28	30	28	30	28	29	28	27	30
Lafon Sans Bruit Corrigé	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	30
Lafon Avec Bruit	26	26	28	29	27	25	26	27	27	27	30
Lafon Avec Bruit Corrigé	28	28	30	29	29	27	28	28	29	29	30
Ecoute dichotique	14	30	38	70	44	40	50	34	20	40	100
Patterns de fréquence	20	20	20	20	20	20	16	18	20	4	20
Patterns de durée	16	4	16	18	16	20	10	4	16	12	20
Prévalence d'oreille	non	non	Oui	Non	non	Non	Non	non	Non	non	20

Existing links between developmental dyslexia and central auditory processing disorders

Comparative study of results obtained with the "Bilan Auditif Central" between a population of children with developmental dyslexia and a population of control children.

Summary :

The central auditory system is a set of anatomical structures involved in the processing of information received by the peripheral auditory system. The central auditory system has numerous features that allow the processing of localization and lateralization of sound, of phonemic discrimination, of aspects of sound memory and of binaural unmasking. The central auditory system and its dysfunctions, called "auditory processing disorders", (APDs) are often grey areas for speech-therapists. Nevertheless, in many research literatures, authors are suggesting the existence of links between auditory processing disorders and the so-called "Dys-" disorders. In this study, we research possible links between APDs and dyslexia by comparing evaluations between the central auditory systems of children suffering from dyslexia with those of a normal control group. We use some tests of the Bilan Auditif Central (BAC) consisting of a list from Lafon, a dichotic listening test and a test of duration and pitch pattern recognition. Ten children, aged from eight years, six months to eleven years, one month took part in this study (five children with dyslexia and five control children). The results for each test of the BAC were found to be worse in the group of children with dyslexia than in the control group. However the results of children with dyslexia are not pathological. Therefore, we can not validate our general hypothesis linking dyslexia and auditory processing disorders because of, among other things, the small number of children included in our study. However, this study reveals diminished levels of ability in certain features of the central auditory system as assessed by the BAC's test. This study also revealed that these diminished levels of ability could therefore impact the oral language skills and their acquisitions, often deficient with dyslexics.

Key words : Central auditory system, Central auditory disorder, developmental dyslexia, Bilan Auditif Central

Liens existant entre les troubles dyslexiques développementaux et les troubles du traitement auditif

Etude transversale comparée des résultats obtenus au Bilan Auditif Central entre une population d'enfants porteurs de troubles dyslexiques et une population d'enfants témoins

Résumé :

Le système auditif central (SAC) est un ensemble de structures anatomiques qui effectuent un traitement des informations perçues par le système auditif périphérique. Le SAC possède de nombreuses fonctionnalités permettant les traitements de la localisation et la latéralisation d'un son, de la discrimination phonémique, des aspects temporels de l'audition ou encore du démasquage binaural. Le SAC et ses dysfonctionnements, appelés « troubles du traitement auditif », constituent un domaine souvent méconnu des orthophonistes. Pourtant, dans de nombreuses données de la littérature, les auteurs avancent l'existence de liens entre les troubles du traitement auditif et les troubles « Dys ». Pour vérifier l'existence de cette corrélation, nous évaluons le SAC chez des enfants porteurs de troubles dyslexiques et chez des enfants témoins. Nous utilisons une partie des épreuves du Bilan Auditif Central (BAC) constituée d'une liste de Lafon, d'une épreuve d'écoute dichotique et d'une épreuve de reconnaissance des variations de configurations de hauteur et de durée. Nous proposons ce bilan à dix enfants (cinq enfants porteurs de troubles dyslexiques et cinq enfants témoins), âgés de huit ans six mois à onze ans un mois. Les résultats à chaque épreuve du BAC sont moins bons chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques que chez les enfants témoins sans pour autant être pathologiques. Nous ne pouvons donc pas valider notre hypothèse générale établissant des liens entre les troubles dyslexiques et les troubles du traitement auditif – en raison, entre autre, du peu d'enfants testés. Cette étude révèle cependant de moins bonnes capacités chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques au niveau de certaines fonctionnalités du SAC. Les moins bonnes capacités relevées pourraient ainsi impacter la maîtrise des habiletés du langage oral, souvent déficientes chez les enfants porteurs de troubles dyslexiques.

Mots clés : système auditif central, troubles du traitement auditif, troubles dyslexiques développementaux, Bilan Auditif Central.