



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ECOLE D'ORTHOPHONIE DE LORRAINE

Directeur : Professeur C. SIMON

**ETUDE D'UN OUTIL INFORMATIQUE DE
REEDUCATION CHEZ DES ENFANTS PRESENTANT
DES DEFICITS VISUO-SPATIAUX D'ORIGINE
NEUROLOGIQUE**

MEMOIRE

présenté en vue de l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

par

Caroline BALANÇON

Juin 2009

JURY

Président	:	Monsieur P. CHASTAGNER, professeur de pédiatrie
Rapporteur	:	Madame P. SCHANG, orthophoniste
Assesseur	:	Monsieur V. SCHENKER, professeur de linguistique

ECOLE D'ORTHOPHONIE DE LORRAINE

Directeur : Professeur C. SIMON

**ETUDE D'UN OUTIL INFORMATIQUE DE
REEDUCATION CHEZ DES ENFANTS PRESENTANT
DES DEFICITS VISUO-SPATIAUX D'ORIGINE
NEUROLOGIQUE**

MEMOIRE

présenté en vue de l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

par

Caroline BALANÇON

Juin 2009

JURY

Président	:	Monsieur P. CHASTAGNER, professeur de pédiatrie
Rapporteur	:	Madame P. SCHANG, orthophoniste
Assesseur	:	Monsieur V. SCHENKER, professeur de linguistique

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail, et plus particulièrement :

Monsieur le Professeur P. CHASTAGNER, pour avoir accepté de présider ce mémoire, ainsi que pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien,

Madame P. SCHANG, pour avoir accepté de diriger ce mémoire, ainsi que pour son écoute, sa pertinence et ses idées,

Monsieur le Professeur V. SCHENKER, pour avoir accepté de faire partie du jury, ainsi que pour son implication, sa rigueur et sa gentillesse,

Monsieur J.L. LOUAZON, concepteur du logiciel Neurowaken, pour m'avoir fait bénéficier gracieusement de ce dernier au cours de cette année scolaire ainsi que pour son intérêt pour mon étude,

les enfants et leurs parents, pour leur collaboration, leur accueil chaleureux et leur disponibilité,

mes maîtres de stages, plus particulièrement Muriel et Nathalie, pour leur aide, leurs conseils et leur intérêt,

mes amies et futures collègues pour ces années d'étude à leurs côtés, notamment pour cette dernière année consacrée en majeure partie au mémoire,

Delphine, pour son soutien et sa complicité depuis tant d'années,

ma famille, notamment mes parents, ma sœur Séverine et mon frère Arnaud, pour leur soutien, leurs conseils et leur compréhension,

Renaud, pour avoir eu confiance en moi et pour avoir vécu cette aventure à mes côtés depuis le début.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
PREMIERE PARTIE REPERES THEORIQUES	9
CHAPITRE I : LES FONCTIONS VISUO-SPATIALES ET LEURS RAPPORTS AVEC LE CERVEAU	10
I. Généralités	10
II. Le rôle des lobes cérébraux	12
III. Le rôle des aires visuelles	13
IV. Les voies visuelles	14
V. Le traitement de l'information visuelle par le cerveau	16
VI. Les hémisphères cérébraux et les fonctions visuo-spatiales	18
VII. La mémoire de travail et les fonctions visuo-spatiales	19
VIII. Le rôle des fonctions visuo-spatiales dans des tâches de lecture	22
CHAPITRE II : LES TUMEURS CEREBRALES CHEZ L'ENFANT ET LES TROUBLES VISUO-SPATIAUX ENGENDRÉS	23
I. Description des principales tumeurs cérébrales	23
1. Les tumeurs cérébrales primitives	23
2. Classification des tumeurs cérébrales	23
3. Les gliomes	25
II. Epidémiologie	29
III. Symptomatologie	31
IV. Examens et diagnostic	33
1. Les examens	33
2. Le diagnostic	35
V. Les traitements	36
1. La chirurgie	36
2. La radiothérapie	37
3. La chimiothérapie	39
4. La corticothérapie	40
VI. Les séquelles cognitives des tumeurs cérébrales	41
1. L'origine des séquelles cognitives	41
2. Les séquelles cognitives	43
CHAPITRE III : LA NEUROFIBROMATOSE DE TYPE 1 ET LES TROUBLES VISUO-SPATIAUX ENGENDRES	47
I. La maladie	47
II. Le diagnostic de la NF1	49
1. Généralités	49
2. Critères diagnostiques	50
III. Les complications	58
1. Les complications orthopédiques	58
2. Les complications neurologiques	58
3. Les complications endocriniennes	59
4. Les complications ophtalmologiques	59
5. Les complications cancéreuses	59
6. Les difficultés d'apprentissage	61
IV. NF1 et Syndrome des Dysfonctions Non-Verbales (ou SDNV)	64
V. Diagnostic différentiel	65

VI.	Prise en charge des patients NF1	66
DEUXIEME PARTIE DISPOSITIF EXPERIMENTAL		67
I.	TERRAIN EXPERIMENTAL	68
1.	La population	68
2.	Cadre de l'expérimentation	73
3.	Périodicité et durée des séances	73
II.	PRESENTATION DU SUPPORT	78
1.	Présentation générale	78
2.	Composition du logiciel	82
III.	EPREUVES ET CRITERES D'OBSERVATION	87
IV.	METHODOLOGIE ET CONDITIONS DE PASSATION DES BILANS INITIAL ET FINAL	103
TROISIEME PARTIE RESULTATS ET DISCUSSION		111
I.	RESULTATS DE MAR.	112
1.	EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES	112
2.	EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN	118
3.	RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ MAR.	125
4.	EVOLUTION DES RESULTATS DE MAR. AU FIL DES SEANCES	129
II.	RESULTATS DE GAB.	136
1.	EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES	136
2.	EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN	142
3.	RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ GAB.	146
4.	EVOLUTION DES RESULTATS DE GAB. AU FIL DES SEANCES	150
III.	RESULTATS DE TRI.	158
1.	EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES	158
2.	EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN	164
3.	RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ TRI.	169
4.	EVOLUTION DES RESULTATS DE TRI. AU FIL DES SEANCES	173
IV.	RESULTATS GENERAUX CHEZ LES TROIS ENFANTS	181
V.	DISCUSSION	183
CONCLUSION		190
REPERES BIBLIOGRAPHIQUES		192
ANNEXES		196
Annexe 1 Glossaire		197
Annexe 2 Liste des tableaux		200
Annexe 3 Liste des figures		201
Annexe 4 Descriptif des différentes tumeurs cérébrales		203
Annexe 5 Questionnaire pour les enfants		210
Annexe 6 Questionnaire pour les parents		212

Introduction

Les outils informatiques sont de plus en plus présents dans le quotidien de tous, et notamment des enfants qui sont amenés à les manipuler dès le plus jeune âge. Le domaine orthophonique en bénéficie également. Certains de ces logiciels permettent d'observer et d'entraîner les capacités visuo-spatiales des enfants. Or, une population non négligeable d'enfants porteurs ou ayant été porteurs d'une tumeur cérébrale (25% des enfants cancéreux) ont très souvent pour séquelles des déficits visuo-spatiaux, et n'ont fait l'objet que de peu de recherches en orthophonie.

Notre étude se propose de déterminer si l'outil informatique Neurowaken est bénéfique dans la rééducation des troubles visuo-spatiaux, et s'il favorise les capacités visuo-spatiales de ces derniers. Une des étiologies donnant lieu à de tels troubles est la neurofibromatose de type 1 (NF1), et ce sujet a été choisi au départ. Puis, par manque de cas cliniques lié aux contraintes d'âge, nous avons choisi des enfants porteurs de tumeurs cérébrales. Les structures nécessaires au bon fonctionnement de ces capacités sont présentes dans de nombreuses régions du cerveau et la présence d'une tumeur peut les perturber.

Trois objectifs ont donc été établis dans notre étude.

Le premier est de mettre en évidence les troubles visuo-spatiaux chez des enfants ayant été porteurs ou encore porteurs de tumeurs cérébrales. Notons que pour la NF1, ces troubles peuvent être associés ou non à des tumeurs cérébrales. Notre échantillon d'enfants est donc composé d'un enfant porteur de la NF1 et de deux enfants porteurs d'une tumeur cérébrale, ayant bénéficié d'une résection totale ou partielle. Jusqu'à présent très peu de recherches ont été effectuées en orthophonie chez ces enfants dont les troubles visuo-spatiaux ont une incidence, entre autres, sur des pré-requis de la lecture. L'attention visuelle, le balayage visuel, les capacités de visuo-construction, la mémoire visuelle, l'appréhension de l'orientation et des directions ainsi que la rétention de séquences visuelles constituent des bases solides à acquérir avant d'apprendre à lire.

Le deuxième objectif porte sur l'outil utilisé lors de la rééducation de ces enfants. Il s'agit d'un logiciel créé en 2008 nommé Neurowaken. Il permet de travailler, entre autre, les capacités cognitives. Il s'agit d'exercices portant principalement sur les pré-requis à la lecture qui sont à renforcer chez les enfants sélectionnés pour notre étude. Mais ce logiciel est

précurseur en un domaine : il permet une rééducation dite « classique », grâce à laquelle l'enfant, aidé par l'orthophoniste réalise le(s) exercice(s) en séance ; mais il permet également un renforcement de ces exercices dans la mesure où une prescription à domicile sur ce même logiciel peut être réalisée.

Cependant, ce logiciel n'en étant qu'à sa première version, notre mémoire a également pour but de constater les avantages et inconvénients de la version actuelle afin d'améliorer éventuellement certains points.

Le troisième et dernier objectif de notre mémoire consiste à déterminer si des progrès ont été réalisés à la fois sur le logiciel et sur le matériel classique. Les capacités visuo-spatiales de l'enfant pourraient ainsi être généralisées, et donc acquises de manière rationnelle, en étant appliquées à d'autres supports.

En premier lieu nous exposerons les fonctions visuo-spatiales, les différentes tumeurs cérébrales et enfin la neurofibromatose de type 1, afin de mieux cerner les déficits visuo-spatiaux que peuvent entraîner ces pathologies.

Puis, nous expliquerons notre démarche en décrivant les outils méthodologiques. Ainsi un bilan comparatif initial à l'aide de deux types d'épreuves est soumis aux enfants lors de la première rencontre. Dans un premier temps des épreuves extraites de matériel classique leur sont proposées. La manipulation et le graphisme entrent donc en jeu dans cette première partie du bilan. Ces deux critères sont supprimés dans la seconde partie du bilan qui se déroule via le logiciel Neurowaken. Des épreuves similaires aux épreuves classiques sont donc proposées aux enfants afin d'observer si les résultats obtenus aux épreuves classiques sont aussi favorables que ceux obtenus aux épreuves sur le logiciel. Puis dix séances hebdomadaires de rééducation par ce logiciel sont effectuées chez chacun de ces enfants en reprenant chaque semaine les exercices les moins bien réussis. Enfin un bilan final leur est proposé, identique au bilan comparatif initial.

Enfin, nous préciserons pour chaque enfant les difficultés visuo-spatiales qu'il a rencontré, puis nous constaterons si le logiciel permet aux enfants de réaliser des progrès, ainsi nous pourrons observer si les progrès réalisés sur le logiciel sont observés également sur le matériel classique lors du bilan final. Pour finir, après avoir recueilli l'avis des enfants et de leurs parents, nous nous permettrons d'exprimer notre point de vue sur le logiciel.

PREMIERE PARTIE
REPERES THEORIQUES

CHAPITRE I : LES FONCTIONS VISUO-SPATIALES ET LEURS RAPPORTS AVEC LE CERVEAU

I. Généralités

Les fonctions visuo-spatiales sont très importantes car activées de nombreuses fois dans une journée. En effet, elles permettent d'analyser la forme et la couleur d'un objet d'une part, ainsi que son orientation, sa taille et son emplacement d'autre part. Les capacités de construction font également partie intégrante de ces fonctions. Les fonctions visuo-spatiales sont essentielles dans l'identification d'objets et le repérage spatial, et elles sont étayées par des fonctions internes au corps, telle la position d'un de nos bras. L'imagerie mentale permet également de percevoir un objet en son absence, de l'imaginer et même de lui faire effectuer des rotations grâce à des représentations mentales élaborées lors d'une expérience passée faisant intervenir le même objet. Elle agit comme une « mémoire de travail visuo-spatiale ». Ainsi cette mémoire détient également un rôle important dans l'application correcte de ces fonctions.

Ainsi selon MAZEAU les fonctions visuo-spatiales sont composées :

- de fonctions neurovisuelles à savoir l'attention, l'oculomotricité, le repérage spatial et le décodage gnosique,
 - L'attention visuelle est une fonction indépendante des autres fonctions attentionnelles. Elle joue un rôle très important dans l'efficacité des fonctions visuo-spatiales. En effet, elle permet de sélectionner le stimulus à observer parmi d'autres, et de maintenir cette sélection. Les lobes occipitaux, frontaux et pariétaux sont alors sollicités.
 - L'oculomotricité : il s'agit de pouvoir observer un objet précis, d'observer une scène plus complexe nécessitant la mise en place d'un balayage visuel et de poursuivre un objet en mouvement.
 - Le repérage spatial : il s'agit de pouvoir se situer et se repérer dans l'espace.
 - Le décodage gnosique : ce dernier est réalisé par la participation du lobe temporal qui permet une reconnaissance de l'objet observé en accédant au stock sémantique.

- de fonctions dépendantes des traitements cérébraux,
- de fonctions spatiales.

Il nous semble important de décrire plus précisément le fonctionnement de ces capacités visuo-spatiales ainsi que les divers systèmes, zones et structures intervenant dans leur mise en place.

II. Le rôle des lobes cérébraux

Des fonctions visuo-spatiales performantes sous-entendent un bon traitement de l'organisation et de la perception visuelle de l'espace. Or, les lobes du cerveau interviennent lors de la perception visuelle.

Tout d'abord, le lobe pariétal est le lobe détenant le plus grand rôle dans l'efficacité des fonctions visuo-spatiales. Il va permettre de situer l'objet afin de pouvoir par la suite y accéder : il va falloir le situer par rapport à soi-même.

De plus, le lobe pariétal intervient dans la position et l'orientation des objets par rapport à l'axe vertical. L'asymétrie manuelle, qui se développe de 1 à 8 ans, implique une dissociation puis une maîtrise des notions de « droite » et de « gauche ». Cette dissociation en miroir, c'est-à-dire sur une personne située en face de l'enfant, ne peut être réalisée qu'à partir de 7 ans.

La dissociation et la maîtrise des termes « horizontal » et « vertical », fait intervenir deux voies essentielles : la voie ventrale et la voie dorsale. Il est à noter qu'une simple reconnaissance consciente d'objets entraîne l'activation des lobes occipital et temporal. La voie ventrale entre ainsi en action. Elle permet une identification grâce aux qualités de l'objet : sa couleur, sa taille, sa forme, etc. Parallèlement, la localisation et la manipulation d'objet entraîne l'activation des lobes occipital et pariétal. Il s'agit ici de la voie dorsale. Elle permet d'établir les données spatiales et les natures des mouvements.

Mais le lobe frontal intervient également. En effet il serait l'auteur de l'initiative, c'est-à-dire de la prise de décision qui commande aux yeux de s'orienter et de regarder à tel ou tel endroit. Ce n'est que par la suite que le lobe temporal établit une image mentale de l'objet et que conjointement le lobe occipital l'identifie.

Ainsi apparaît l'importance de chacun des lobes cérébraux dans la perception des informations visuelles et spatiales.

III. Le rôle des aires visuelles

Le lobe occipital joue cependant un rôle particulier dans la perception visuelle : en effet bien que des aires visuelles associatives se situent vers les lobes pariétaux ou temporaux, les aires visuelles primaires se situent dans les lobes occipitaux du cerveau. Elles sont des zones bien déterminées du cortex et sont reliées entre elles. Actuellement 35 aires visuelles sont recensées, mais cinq jouent un rôle décisif :

- la première aire visuelle ou aire V1 ainsi que l'aire V2, permettent de distinguer les contours des objets ou personnes situés dans le champ visuel,
- l'aire V4 permettrait de distinguer les couleurs; mais on ne note pas de spécificité à cette aire car sa destruction n'engendrerait pas une perte de perception des couleurs ; ainsi une ou plusieurs aire(s)-relais aurai(en)t la même fonction (selon ZEKI),
- l'aire V5 aurait pour rôle la distinction des mouvements se déroulant dans le champ visuel,
- l'aire V3 ne posséderait pas encore de fonction spécifique connue à ce jour mais interviendrait fréquemment dans la perception visuelle.

De plus il existe une relation entre le champ visuel et les aires visuelles reposant sur le fait que chaque partie du champ visuel correspondrait à une aire visuelle spécifique. Ainsi un objet situé dans une partie du champ visuel ferait parvenir un message nerveux jusqu'à une aire visuelle lui correspondant.

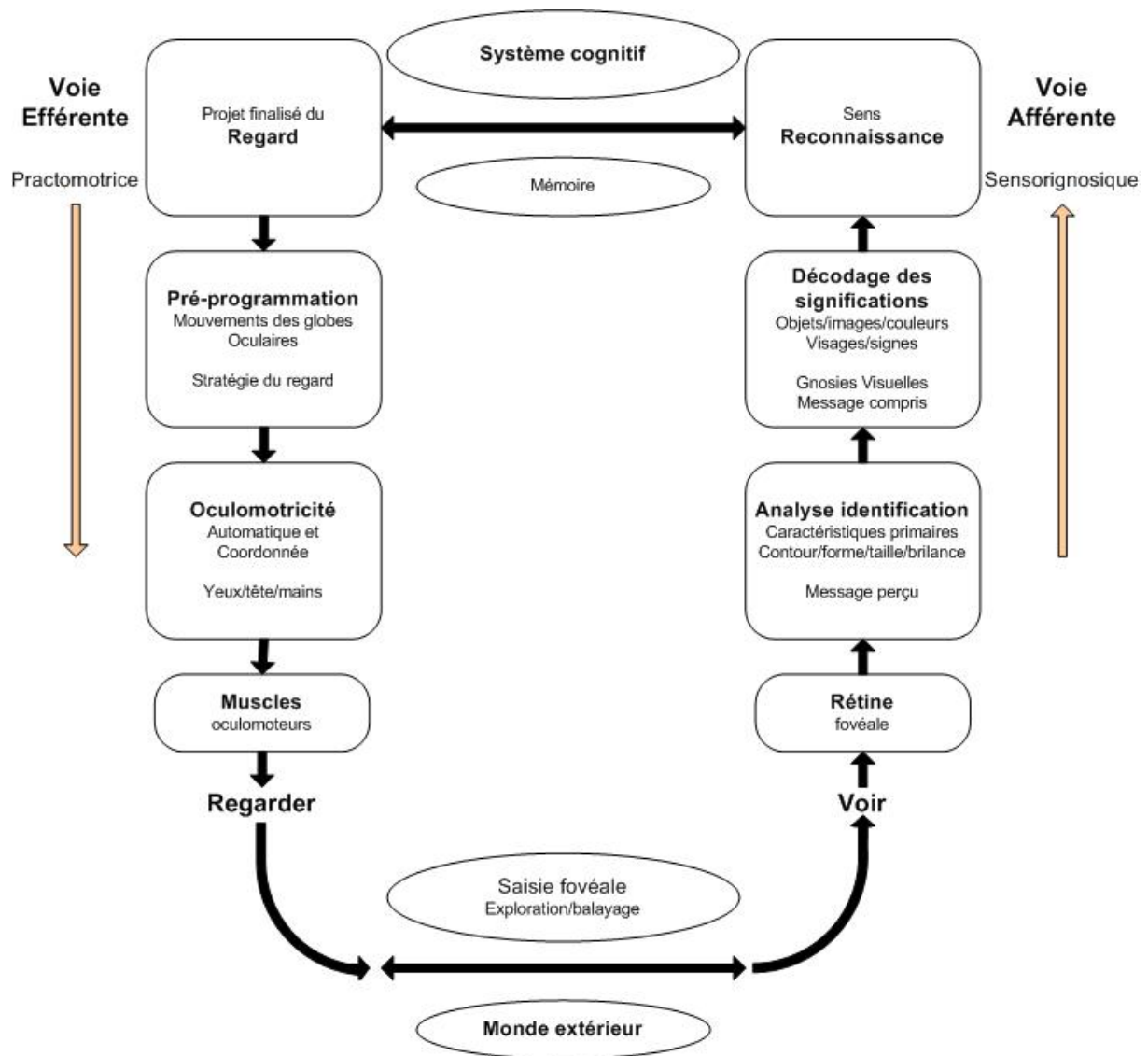
IV. Les voies visuelles

Les voies visuelles sont en lien avec les stratégies visuelles. Il existe les voies efférentes ou practo-motrices et les voies afférentes ou sensori-gnosiques.

Les voies efférentes, lorsqu'elles sont sollicitées, permettent le balayage visuel : il s'agit pour le sujet de pouvoir suivre des yeux l'objet à regarder, ou encore de regarder dans la direction de l'objet pour ensuite cibler le regard sur l'objet lui-même, ou enfin de trier parmi des informations visuelles celle que le sujet a choisi de voir. Ceci est accompli par des temps de fixations, des sauts ou saccades, des mouvements des yeux, voire de l'ensemble du corps afin de percevoir au mieux l'objet choisi.

Puis les voies afférentes permettent de donner du sens à ce qui est perçu. Elles décodent l'information transmise par les voies efférentes sur la rétine. Ces deux voies sont étroitement reliées. En effet un problème d'une voie aura des répercussions sur l'autre et inversement. Si le sujet éprouve des difficultés à explorer son champ visuel, il ne parviendra pas ou avec difficulté à reconnaître ce qu'il avait à voir. Et si le sujet n'a pas de représentation de l'objet à voir, il éprouvera des difficultés à orienter son regard vers le dit objet.

FIG. 01 : Organisation fonctionnelle des voies visuelles d'après MAZEAU¹



¹ Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant : du trouble à la rééducation.

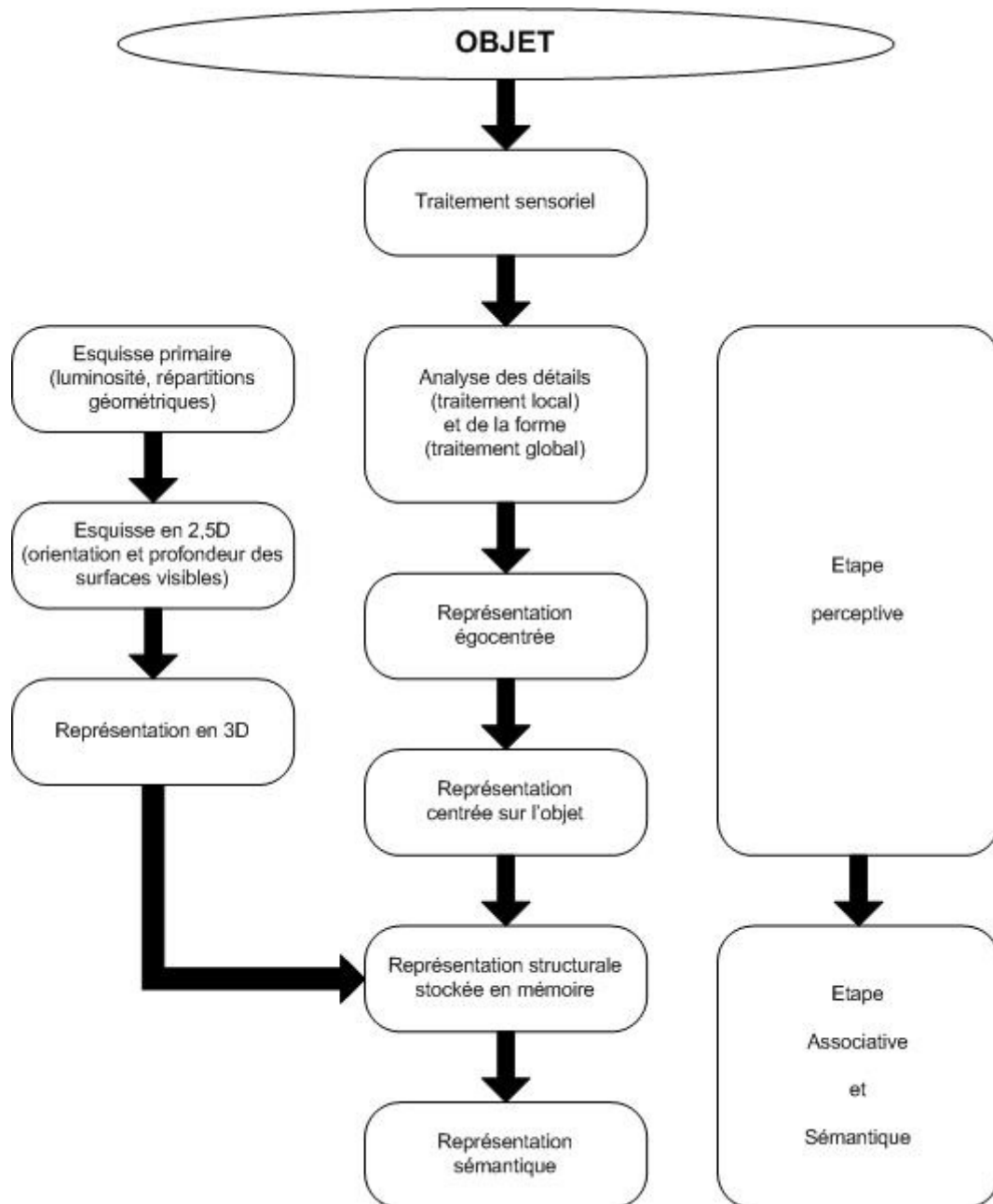
V. Le traitement de l'information visuelle par le cerveau

Il existe plusieurs descriptions du traitement cérébral de l'information, néanmoins la plus couramment utilisée et faisant référence demeure la description en trois étapes à savoir :

- Le traitement sensoriel : le sujet va cibler l'objet et ajuster la vision de celui-ci de manière à ce que la rétine l'enregistre.
- Le traitement perceptif : le sujet va établir une image mentale de l'objet à partir de la vision de celui-ci transmise par la rétine. Les critères de l'objet, tels sa taille, sa forme, et sa couleur, vont servir à sa reconstitution mentale. Les utilisations de ces critères sont regroupées selon leur ordre d'apparition lors de la reconstitution de l'image mentale et constituent alors trois processus parmi lesquels on distingue :
 - Les processus perceptifs précoces ou les primitives visuelles :
Ils se basent sur la forme de l'objet. Il s'agit des lignes et contours constituant la forme de l'objet, en une ou deux dimensions. Ces éléments ne sont encore ni classés ni orientés.
 - Les processus perceptifs intermédiaires :
A cette étape les critères de forme vont être regroupés selon leur clôture, continuité et colinéarité. Ainsi le sujet élabore une représentation de l'objet en 2D $\frac{1}{2}$ et non en 3D. Cependant les critères ne permettent toujours pas une représentation mentale fixe de la forme de l'objet.
 - Les processus perceptifs tardifs :
Le sujet réalise à cette étape une représentation mentale de l'objet non liée à son point de vue, extractible du contexte de vision de l'objet, et en 3D. Cette représentation est à cette étape invariante.
- Le traitement associatif : le sujet va, à cette étape, confronter la représentation mentale élaborée à l'étape précédente aux représentations déjà stockées dans la mémoire à long terme et ainsi retrouver une représentation semblable à celle obtenue. Si aucune

représentation ne correspond, le sujet pourra enregistrer cette dernière et créer ainsi une nouvelle représentation.

FIG. 02 : Etapes du traitement de l'information visuelle d'après MAZEAU²



Ainsi les quatre lobes du cerveau étant plus ou moins mobilisés lors de la perception visuelle il est donc compréhensible que la présence d'une tumeur dans n'importe lequel de ces lobes peut avoir des conséquences plus ou moins importantes sur la qualité des fonctions visuo-spatiales.

² Op.cit.

VI. Les hémisphères cérébraux et les fonctions visuo-spatiales

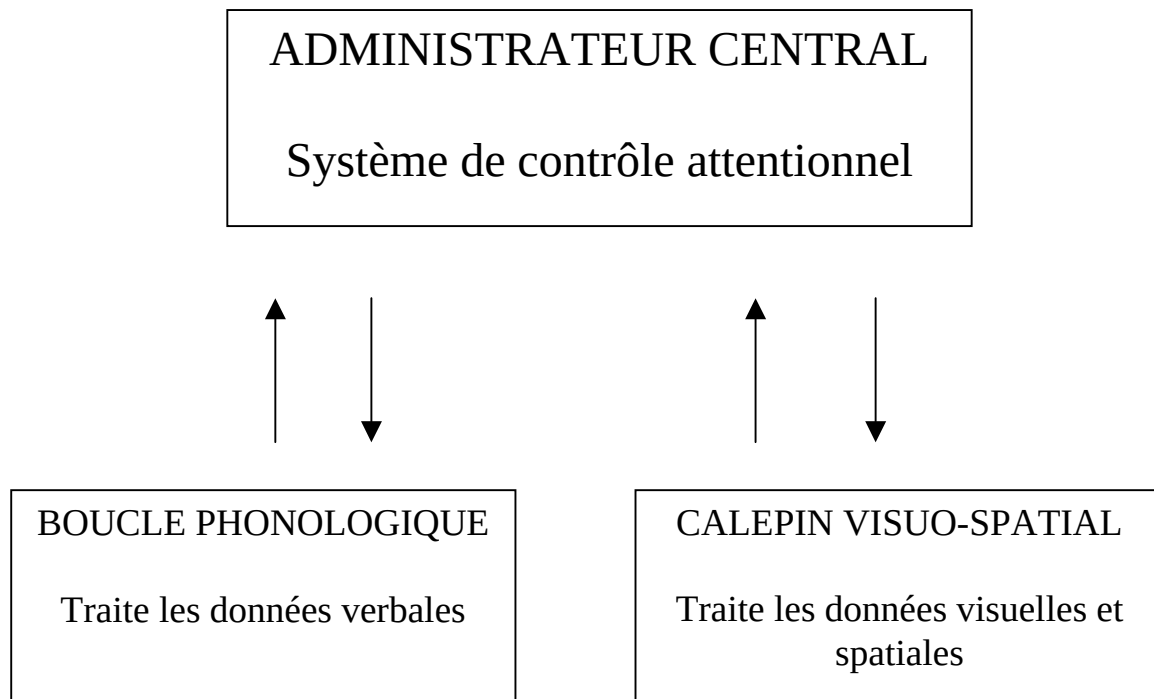
Certains auteurs s'accordent à dire que les fonctions visuo-spatiales seraient surtout dépendantes de l'hémisphère droit du cerveau. En effet, selon SPRINGER et DEUTSCH, la palpation d'objets par la main gauche, ainsi que le champ visuel gauche seraient plus à même de pouvoir appréhender les contours, les formes et la structure de l'objet. De même la tâche des cubes de Kohs passée auprès d'un patient par GAZZANIGA et SPERRY consiste à reproduire une figure à l'aide de cubes bi- ou unicolores. Le patient filmé à cette épreuve a réussi plus aisément la reproduction de la main gauche, plutôt que de la main droite. Il en va de même pour les patients dessinant un cube : ils y parviennent plus facilement de la main gauche que de la main droite. Les observations sont les mêmes pour les tâches d'appariement, où une baisse éventuelle des performances provenant de l'hémisphère gauche serait même probable. L'hypothèse que la compréhension visuelle serait possible surtout grâce à l'hémisphère droit a donc été posée.

Mais selon PEGNA et LANDIS cette spécialisation hémisphérique droite pour les fonctions visuo-spatiales apparaîtrait moins évidente, malgré le rôle prégnant de cet hémisphère dans les rotations mentales des objets.

VII. La mémoire de travail et les fonctions visuo-spatiales

La mémoire de travail entre également en jeu dans l'application des fonctions visuo-spatiales. En effet elle est composée de l'administrateur central, de la boucle phonologique et du calepin visuo-spatial. Ces derniers sont, d'après BADDELEY et HITCH, deux systèmes indépendants entre eux et esclaves de l'administrateur central. L'administrateur central, quant à lui, fonctionne en coordonnant, contrôlant, et sélectionnant les traitements des deux systèmes esclaves.

FIG. 03 : Schéma explicatif de la mémoire de travail selon BADDELEY et HITCH, 1974³



La boucle phonologique stocke les informations verbales en instaurant une répétition subvocale, qui permet au sujet de se répéter une information à mémoriser : l'information est donc rafraîchie constamment et est à disposition de l'administrateur central.

Le calepin visuo-spatial stocke les données visuelles et spatiales, soit les données non-verbales. Ce dernier détient un rôle important dans la manipulation des formes et des couleurs et dans la rétention des objets et de leur position dans l'espace. Il permet également la planification de toutes ces données, afin de pouvoir les articuler et visualiser mentalement un objet. Il est opérationnel grâce à l'intégrité des aires pariétales et frontales de l'hémisphère droit.

³ Working memory, in *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*.

BADDELEY le décrit comme étant constitué de deux composantes :

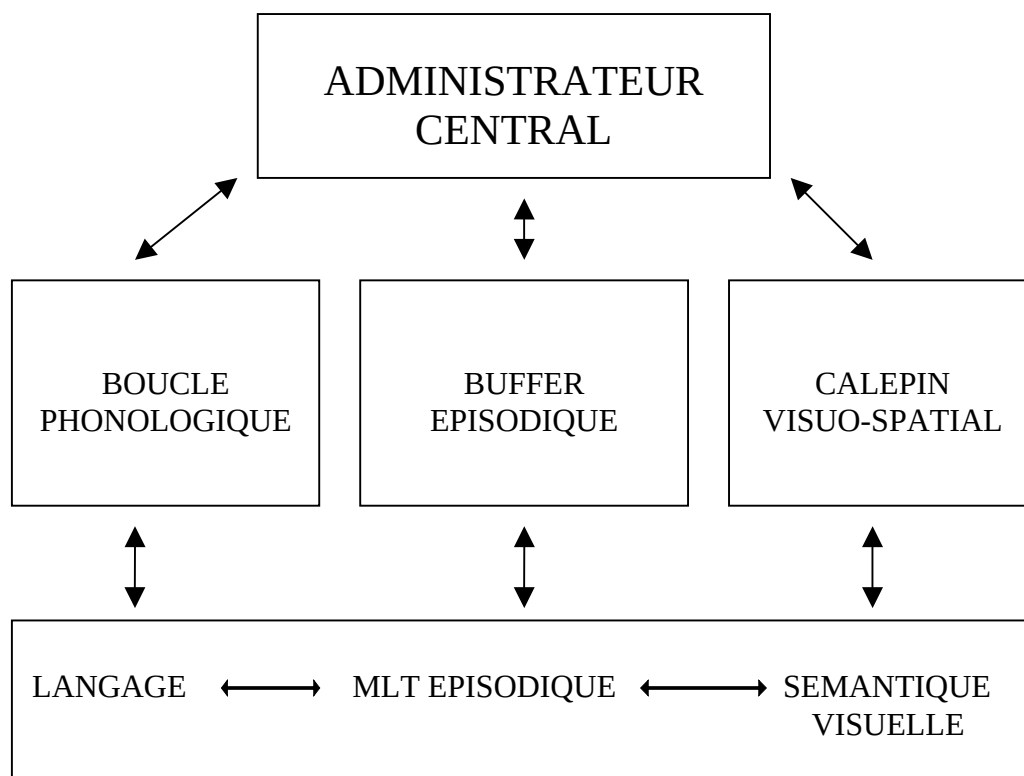
- visuelle : qui permet de stocker les données visuelles,
- spatiale : qui permet de récapituler les données spatiales. C'est elle qui permet la planification et la réalisation des mouvements.

La première stocke les données visuelles pendant un court moment, mais la seconde permet de maintenir ces données en les actualisant grâce aux données spatiales. En effet selon LOGIE et MARCHETTI une tâche de mémoire visuelle n'est pas entravée lorsqu'on propose une tâche distractive d'origine spatiale, alors qu'une tâche visuelle perturbe la première.

De plus, selon BROGGARD *et al.* les lobes frontaux, pariétaux et temporaux seraient à l'origine du fonctionnement de ce calepin visuo-spatial.

Cependant BADDELEY actualise ce modèle initial : la mémoire de travail comporterait l'administrateur central et des deux systèmes esclaves décrits précédemment, ainsi qu'un buffer épisodique, la sémantique visuelle, la mémoire à long terme (MLT) épisodique et le langage.

FIG. 04 : Schéma explicatif revu et modifié de la mémoire de travail selon BADDELEY, 2000⁴



⁴ The episodic buffer: a new component of working memory?

Le buffer épisodique constitue une interface qui permet de stocker temporairement des données ancrées dans un épisode, lui-même lié à des données spatiales et temporelles. Il offre un lien vers la mémoire épisodique en pouvant encoder et récupérer des informations stockées dans celle-ci. Il permet de mettre en relation les données stockées dans la boucle phonologique et celles dans le calepin visuo-spatial.

Ainsi selon COYETTE, VERRECKT et SERON, les sujets atteints d'une tumeur cérébrale peuvent voir leur mémoire de travail atteinte, avec une perte des informations lorsqu'ils effectuent une activité et qu'un distracteur surgit, ou lorsqu'ils ont une double tâche à effectuer ou encore lorsque leur activité est interrompue en cours de réalisation.

VIII. Le rôle des fonctions visuo-spatiales dans des tâches de lecture

Lors de la lecture, les yeux effectuent des saccades et des fixations.

Les saccades sont des sauts effectués par les yeux allant soit vers la droite du texte (ou saccades de progression) et de 5 à 10 caractères, soit vers la gauche du texte (ou saccades de régression) et de 1 à 5 caractères, ou encore retournant à la ligne. Elles permettent à l'œil de se focaliser sur la partie du texte à lire pour l'analyser le mieux possible par la suite. On notera l'intervention de la rétine périphérique à ce niveau.

Les fixations quant à elles permettent de visualiser environ 20 caractères.

Plus les saccades sont de grandes amplitudes, plus un lecteur peut lire un texte de manière rapide et aisée.

On note souvent des difficultés de lecture chez les enfants ayant des saccades trop courtes, avec des retours en arrière très nombreux. Le temps de fixation augmentant, ils n'auraient donc pas une capacité oculomotrice performante. Celle-ci pourrait être expliquée selon MAZEAU par un « déficit de la structuration spatiale »⁵. Les fonctions visuo-spatiales interviendraient donc dans des tâches de lecture selon cette auteur, mais l'hypothèse reste discutable selon d'autres auteurs.

D'autres enfants ont un temps de fixation trop court, et une fatigue visuelle s'installe rapidement.

Ainsi de nombreuses structures et systèmes sont nécessaires au bon fonctionnement des capacités visuo-spatiales. Nous avons choisi d'étudier ces dernières chez deux enfants porteurs de tumeur cérébrale, ainsi que chez une enfant porteuse de neurofibromatose de type 1 (NF1). Ces deux étiologies entraînent une perturbation de ces capacités et il convient donc de les décrire en insistant particulièrement sur les troubles visuo-spatiaux engendrés.

En premier lieu nous nous attarderons sur la description des tumeurs cérébrales, puis sur la description de la NF1 et nous verrons dans chacune de ces parties les troubles visuo-spatiaux pouvant être engendrés.

⁵ Neuropsychologie et troubles des apprentissages : Du symptôme à la rééducation.

CHAPITRE II : LES TUMEURS CEREBRALES CHEZ L'ENFANT ET LES TROUBLES VISUO-SPATIAUX ENGENDRÉS

I. Description des principales tumeurs cérébrales

1. Les tumeurs cérébrales primitives

En premier lieu, il est important de distinguer les tumeurs primitives des tumeurs secondaires. Les tumeurs primitives se constituent lors de la prolifération de certaines cellules du système nerveux central (SNC). En revanche, les tumeurs secondaires correspondent à des métastases d'une tumeur située dans un autre organe du corps. Seules les tumeurs cérébrales primitives constitueront l'objet de notre étude.

2. Classification des tumeurs cérébrales

Il existe deux critères selon lesquels une classification des tumeurs peut être effectuée. En effet les tumeurs cérébrales primitives sont très nombreuses et diverses et il conviendra de les regrouper selon la gravité du pronostic qui sera influé par la localisation et l'histologie des tumeurs.

2.1. Classification des tumeurs selon leur localisation

Tout d'abord, les tumeurs classées selon leur localisation sont subdivisées en trois groupes :

- les tumeurs sous-tentorielles,
- les tumeurs sus-tentorielles,
- les tumeurs médullaires.

2.1.1. Les tumeurs sous-tentorielles

Ces tumeurs siègent sous les hémisphères cérébraux, et atteignent dans 75% des cas les hémisphères cérébelleux. On retiendra surtout les gliomes, médulloblastomes et

épendymomes comme étant représentatifs de ce groupe. Ce groupe représente 50% des tumeurs cérébrales chez l'enfant.

2.1.2. Les tumeurs sus-tentorielles

Les tumeurs cérébrales siègent dans 40% des cas au-dessus de la tente du cervelet. Les hémisphères cérébraux et les ventricules latéraux sont donc le siège des gliomes dans la majorité des cas (10% sont des gliomes des voies optiques), et des tumeurs neuro-ectodermiques dans les autres cas. Dans d'autres régions situées autour de la ligne médiane du cerveau peuvent se situer, entre autres, des tumeurs germinales. Les tumeurs sus-tentorielles sont les plus fréquentes des tumeurs cérébrales chez les enfants de moins de 2 ans.

2.1.3. Les tumeurs médullaires

La moelle épinière représente le siège de 10% des tumeurs du SNC, incarnées le plus souvent par des gliomes, neurofibromes, méningiomes et épendymomes.

2.2. Classification des tumeurs selon leur histologie

La classification des tumeurs selon leur histologie ou degré de malignité est établie par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et est reprise dans le tableau présenté ci-après.

Ce tableau synthétise la classification des gliomes selon leur degré de gravité.

TAB. 01 : Classification des gliomes* selon l’OMS d’après leur degré de gravité⁶

Tumeurs astrocytaires

Astrocytome pilokystique	Degré I OMS
Xanthoastrocytome pléiomorphe	Degré II OMS

Astrocytomes à croissance diffuse

Fibrillaire, protoplasmique, gémistokystique	Degré II OMS
Astrocytome anaplasique	Degré III OMS
Glioblastome polymorphe	Degré IV OMS

Tumeurs oligodendrogiales

Oligodendrogliome	Degré II OMS
Oligoastrocytome	Degré II OMS
Oligodendrogliome anaplasique	Degré III OMS
Oligoastrocytome anaplasique	Degré III OMS

Tumeurs Épendymaires

Ependymome myxopapillaire	Degré I OMS
Ependymome	Degré I OMS
Ependymome anaplasique	Degré III OMS

3. Les gliomes

3.1. Généralités

Les gliomes sont les tumeurs cérébrales les plus fréquentes chez l’enfant. Ils sont regroupés en deux catégories :

- les gliomes de bas grade comprenant les grades I et II,
- les gliomes de haut grade comprenant les grades III et IV.

Les gliomes de bas grade représentent des tumeurs ayant une évolution relativement lente. Le degré I implique une tumeur bien délimitée et dont la résection totale est possible. Alors que le degré II regroupe les tumeurs d’aspect non-circonscriit, dont la résection totale s’avère plus délicate, entraînant un moins bon pronostic.

Les gliomes de haut grade sont des tumeurs malignes à évolution plus rapide.

De par la diversité des tumeurs gliales, nous allons décrire plus particulièrement les gliomes du nerf optique, ces derniers apparaissant souvent dans la neurofibromatose de type 1 (un de nos cas clinique en étant atteint) et pouvant altérer plus ou moins la vision.

⁶ TOLNAY, *Neuropathologie des tumeurs cérébrales gliales*.

3.2. Les gliomes du nerf optique

Le nerf optique est situé à l'extrémité de la partie postérieure du globe oculaire. L'œil humain a la possibilité de se mouvoir dans son orbite ce qui lui permet de rapporter au centre de la rétine ou fovéa les points du champ visuel qui sont à explorer. Pour cela six muscles entrent en action :

- le muscle releveur de la paupière supérieure,
- le muscle droit supérieur,
- le muscle droit latéral,
- le muscle droit médial,
- le muscle droit inférieur,
- le muscle oblique inférieur.

Ainsi lors de la lecture ou d'une tâche d'exploration d'une image⁷, ces muscles permettent à l'œil d'effectuer des sauts ou saccades, afin de capter les informations les plus pertinentes et les ramener à la fovéa.

Cette zone permet en effet une vision des couleurs et des détails. Ceci étant possible grâce à la présence de photorécepteurs à cônes, davantage performants dans la perception de ces deux critères. En ce qui concerne les détails, les photorécepteurs à cônes sont davantage nombreux dans la fovéa et sont chacun reliés à plusieurs fibres du nerf optique. Ainsi l'influx nerveux sera bien plus riche en informations que les photorécepteurs à bâtonnets qui sont plusieurs à être reliés à une seule fibre du nerf optique. Ces derniers sont d'ailleurs plus sensibles à la lumière et sont donc plus performants lors de la vision de nuit.

De plus, les cellules ganglionnaires et amacrines (à l'origine du nerf optique) ainsi que les cellules bipolaires et horizontales permettent également d'amener jusqu'au cerveau le contenu de notre champ visuel. Les cellules bipolaires accomplissent cette mission en réduisant la quantité d'informations à transmettre jusqu'au cerveau.

Ces dernières, accompagnées des cellules ganglionnaires assurent la luminance, la perception des couleurs et des mouvements.

Ces gliomes du nerf optique constituent 6% des tumeurs cérébrales chez l'enfant et apparaissent notamment chez l'enfant de moins de six ans. Les cellules atteintes se situent en général le long du nerf optique, et aux environs du chiasma et de l'hypothalamus. Ils font partie des astrocytomes de bas grade, étant le plus souvent des astrocytomes pilocytiques.

⁷ D'après une expérience de KAPOULA, L'œil et le cerveau, *Les dossiers de Science & Vie Junior*.

Il en existe trois types :

- Le gliome de type I correspond à une tumeur d'évolution lente (de grade I ou II). La tumeur ne touche que le nerf optique.
- Le gliome de type II correspond à une infiltration du chiasma qui se rajoute à l'atteinte initiale du nerf optique.
- Le gliome de type III correspond à une tumeur qui se diffuse davantage aux tissus environnants, notamment à l'hypothalamus.

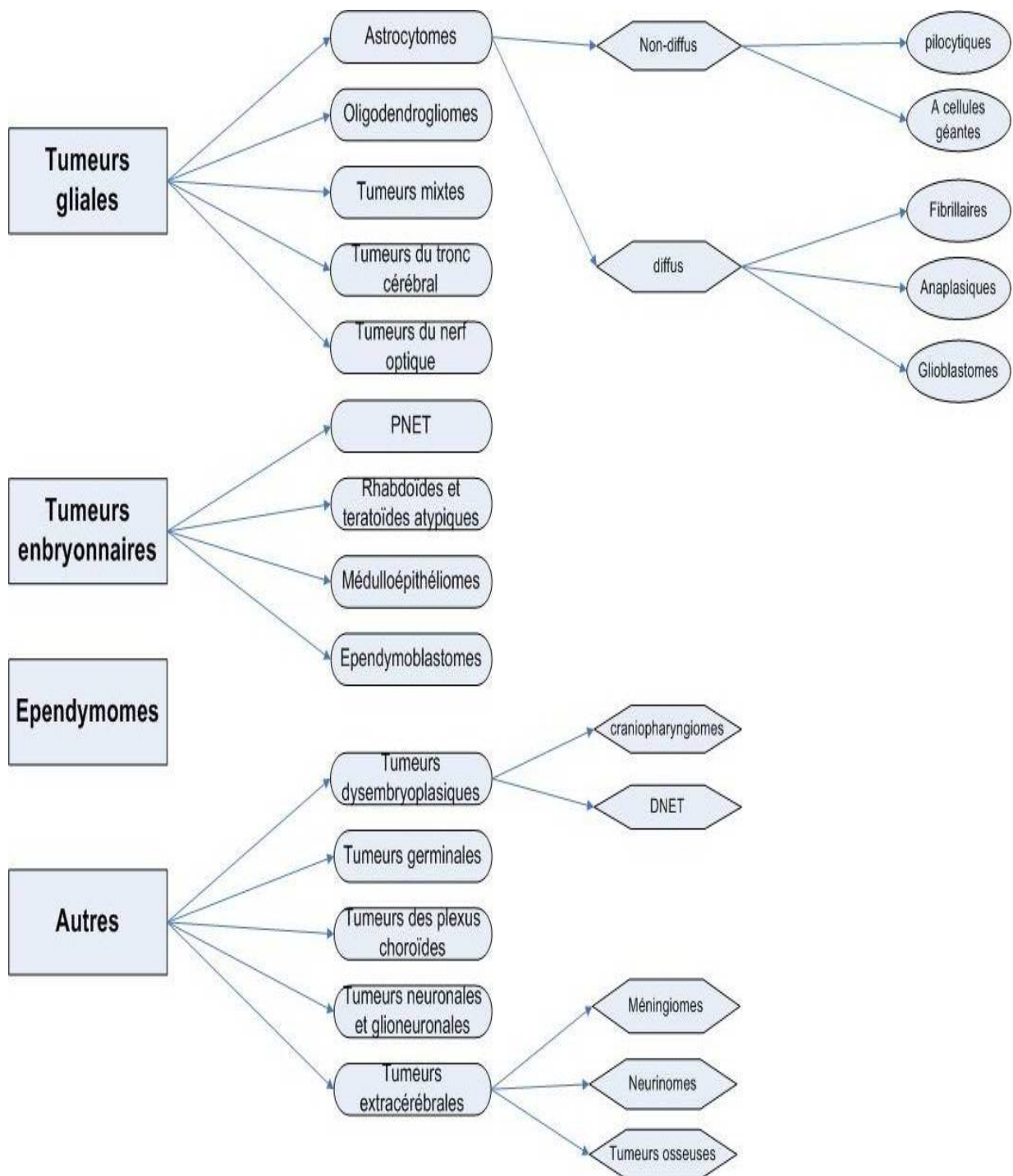
La chirurgie est un moyen de traitement efficace mais dangereux des gliomes des voies optiques car elle peut endommager ces dernières. La radiothérapie est également efficace mais entraîne de trop lourdes séquelles. Ainsi la chimiothérapie sera entreprise lorsque les gênes seront trop grandes (baisse de l'acuité visuelle et troubles de la vision).

Il est à noter qu'une neurofibromatose de type 1 (NF1) est à l'origine du gliome du nerf optique dans un cas sur deux. Cette association des gliomes des voies optiques à la NF1 améliore le pronostic dans le sens où l'évolution du gliome s'avèrera plus lente.

De plus, la NF1 peut engendrer l'apparition de diverses tumeurs cérébrales au cours de l'évolution de la maladie.

On notera d'autres types de tumeurs, mais leur nombre et leur diversité étant telles qu'un tableau permet de les synthétiser. Elles sont en revanche davantage détaillées en annexes.

FIG. 05 : Récapitulatif des différents types de tumeurs cérébrales (cf. annexe 1 p.207)



II. Epidémiologie

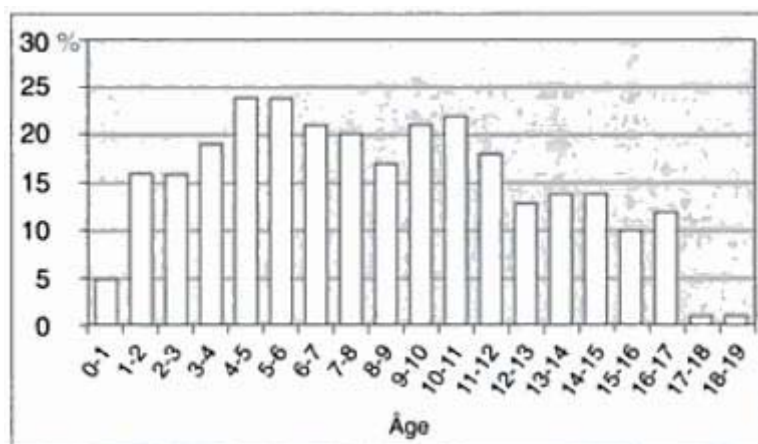
Les tumeurs cérébrales touchent environ 30 nouveaux cas par an sur un million d'enfants en Europe, dont 400 enfants par an en France.

On note également une augmentation de cette incidence entre 1978 et 1997 de 1,7%. Mais il est à noter que les techniques d'examens étant de plus en plus performantes (telle l'IRM), un grand nombre de tumeurs bénignes sont découvertes aujourd'hui, qui, par leur caractère peu symptomatique, n'auraient autrefois pas été découvertes.

Par ailleurs dans la tranche d'âge de 0 à 15 ans, un « pic d'incidence » est remarquable entre 0 et 4 ans, puis l'incidence décroît jusqu'à 15 ans.

Les tumeurs cérébrales correspondent au deuxième type de cancer le plus fréquent chez l'enfant, le premier étant la leucémie, et constituent la première cause de décès par maladie chez l'enfant.

FIG. 06 : Fréquence des tumeurs cérébrales chez l'enfant en fonction de l'âge selon PHILIPPON⁸



Concernant l'âge au diagnostic, un enfant sur 10 serait diagnostiqué comme étant porteur d'une tumeur cérébrale dans sa première année de vie, et un enfant sur trois avant cinq ans.

⁸ Tumeurs cérébrales, du diagnostic au traitement.

On observe deux types de prédispositions aux tumeurs cérébrales dès la naissance :

- une prédisposition génétique de par la présence de certaines maladies génétiques telles :

La neurofibromatose de type 1 Le syndrome de Turcot	Tumeurs gliales
Le syndrome de Gorlin Le syndrome de Rubinstein-Taybi	Médulloblastomes*
La neurofibromatose de type 2	Neurinomes*, méningiomes*
La sclérose tubéreuse de Bourneville	Ependymomes* à cellules géantes
Le syndrome d'Hippel-Lindau	Hémangioblastomes*

- lorsque le système nerveux central a subi une dose de radiations ionisantes conséquente.

Les tumeurs cérébrales représentent environ 25% des cancers chez l'enfant, contrairement à seulement 2% des cancers chez l'adulte.

Le pronostic est plus ou moins favorable, et la durée de vie plus ou moins longue selon l'histologie, la localisation et l'opérabilité de la tumeur.

En effet, la symptomatologie initiale peu évocatrice entraîne un retard au diagnostic qui entrave la décision de prise en charge. Ce retard est dû à la difficulté d'examen chez le très jeune enfant.

Enfin, tous les types de traitements entraînent des séquelles plus ou moins lourdes chez le sujet traité.

Ainsi le but thérapeutique est double : éradiquer au mieux la tumeur et éviter au maximum les séquelles.

III. Symptomatologie

Les signes cliniques rencontrés lors de la présence de tumeurs cérébrales chez l'enfant dépendent, entre autres, de la localisation de cette tumeur primitive. En effet, la tumeur peut être sus- ou sous-tentorielle, au niveau du nerf optique ou du chiasma optique.

- Si la tumeur est sus-tentorielle

Elle sera située dans les hémisphères cérébraux et pourra entraîner des crises convulsives ou des troubles moteurs, visuels, sensitifs et endocriniens. On notera qu'une hydrocéphalie pourra se manifester, mais bien moins fréquemment que dans le cas des tumeurs sous-tentorielles.

- Si la tumeur est sous-tentorielle

Les signes d'hydrocéphalie dominent ce tableau clinique car les tumeurs seront souvent situées le long de la ligne médiane et seront donc plus à même d'entraver l'écoulement du liquide céphalo-rachidien (LCR). Une compression d'une zone du cerveau apparaît dans la fosse postérieure : le LCR est bloqué dans un ventricule distendu. Les céphalées et les vomissements traduisent cette compression et peuvent être accompagnés de troubles cérébelleux tels des troubles de l'équilibre. Les nerfs peuvent également être comprimés, notamment la VI^e paire crânienne qui peut être paralysée et à l'origine d'une diplopie. En somme une céphalée, des nausées et vomissements ainsi que des signes visuels tels une baisse de l'acuité visuelle ou une diplopie, et plus tardivement un ralentissement intellectuel et de la vigilance constituent les principaux symptômes de ce type de tumeur.

Enfin on peut noter des troubles du tonus et de l'humeur, des troubles cognitifs dans certains cas, ainsi que des possibles crises d'épilepsie partielles ou généralisées.

Nous nous attarderons davantage sur la symptomatologie reposant sur les troubles visuels.

En effet, la tumeur peut siéger soit sur le nerf optique lui-même, soit sur le chiasma optique.

- Si la tumeur siège au niveau du nerf optique (dans 10 à 27% des cas) :

On observe une exophtalmie*, soit une saillie de l'œil en avant et en dehors de l'orbite accompagnée parfois d'un oedème, qui découle dans 3 à 6% des cas de la présence d'un gliome des voies optiques. Cette proéminence peut être mesurée par l'exophtalmomètre de HERTEL, ou par une TDM (tomodensitométrie). Ce symptôme n'entraîne aucune douleur dans la moitié des cas, mais des signes tels une rougeur de la conjonctive, un nystagmus, ou une diminution ou encore une anomalie de l'acuité visuelle peuvent cependant la compliquer. L'apparition de ces tumeurs est souvent plus tardive que celle des tumeurs siégeant au niveau du chiasma et de l'hypothalamus, soit 6 ans contre 2 à 4 ans.

- Si la tumeur siège au niveau du chiasma (dans 73 à 90% des cas) :

L'atteinte peut encore se situer à différents niveaux au sein même du chiasma, selon PHILIPPON:

- les atteintes bi-opto-chiasmatiques (35 à 57%),
- les atteintes chiasmatiques pures (2%) ou principalement chiasmatiques (37%),
- les atteintes chiasmatiques et atteignant également l'hypothalamus (14 à 20%).

Ces atteintes seront diagnostiquées grâce aux potentiels évoqués visuels*, utiles au diagnostic surtout chez les très jeunes enfants.

Les troubles visuels seront vraisemblablement les mêmes que dans les atteintes du nerf optique. On pourra cependant noter d'autres signes cliniques tels une hypertension intracrânienne, un retard de croissance et des troubles endocriniens en cas d'atteinte de l'hypothalamus.

L'acuité visuelle peut également être altérée du fait d'une atrophie optique secondaire à une hypertension intracrânienne (HIC) prolongée.

IV. Examens et diagnostic

1. Les examens

En termes d'examens neuro-radiologiques à effectuer devant la suspicion de tumeur cérébrale, sont préconisés l'IRM et la TDM (tomodensitométrie) ou scanner. En effet ces derniers permettent de mettre en évidence la source d'une hypertension intracrânienne. Ces deux moyens d'exploration sont les deux principaux parmi les cinq examens les plus utilisés.

1.1. Le scanner ou TDM

La TDM suffit en général pour détecter une éventuelle tumeur dans 80% des cas. On l'utilisera avec ou sans injection intraveineuse d'un produit de contraste (iode). Celui-ci s'amassera en plus forte densité dans les régions du cerveau ayant une densité différente de celle des régions saines. On décèle alors ces regroupements par la prise de clichés aux rayons X. Le scanner a l'avantage, par rapport à la radiologie, de fournir différents angles de prise de vue. Mais les points faibles sont une imprécision ainsi qu'une image figée du cerveau ne le reflétant pas en activité.

1.2. L'IRM

Cependant, l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) est recommandée afin d'obtenir davantage d'informations sur la tumeur, telle sa localisation exacte ainsi que sa circonscription ou non. De plus elle permet également d'effectuer un choix parmi les différents traitements : on peut grâce à elle déterminer si l'exérèse est possible.

Lorsque la tumeur s'avère trop petite pour la localiser précisément, une IRM à haute définition peut être réalisée.

Enfin une IRM fonctionnelle permet de déterminer précisément la nature et le caractère infiltrant ou non de la tumeur en observant dynamiquement les mouvements circulatoires du cerveau. En effet il s'agit d'exciter les protons présents dans les molécules aqueuses du cerveau en leur envoyant un champ magnétique associé à des ondes radio. Lorsqu'ils se dés excitent ils émettent des signaux. Les signaux envoyés par la désoxyhémoglobine* seront

représentatifs de l'activité des neurones et une carte sera réalisée mettant en évidence les zones du cerveau ayant travaillé.

1.3. La biopsie

Dans la très grande majorité des cas la nature de la tumeur ne peut pas être déterminée et une biopsie sera réalisée. Ainsi, un prélèvement d'un petit morceau du tissu tumoral sera analysé anatomopathologiquement. La biopsie stéréotaxique est effectuée dans le cadre de tumeurs cérébrales afin d'accéder au tissu tumoral de manière très précise. Selon l'encyclopédie Vulgaris-Médical : « La stéréotaxie permet d'atteindre une région profonde de l'encéphale (système nerveux contenu dans le crâne) dont on a défini la localisation exacte et parfaite grâce à des coordonnées dans les trois plans de l'espace. »

1.4. Le Pet Scan

Le Pet Scan (ou la Tomographie par Emission de Positons) consiste à injecter au patient un produit de contraste à base de glucose. Les cellules tumorales vont l'absorber davantage que les autres cellules et ressortiront donc de par leur radioactivité.

1.5. La ponction lombaire

Enfin une ponction lombaire permet un prélèvement de LCR afin de retrouver ou non des marqueurs tumoraux ou des cellules tumorales.

Aujourd'hui il reste cependant des inconvénients dans le domaine de l'imagerie, et de nouvelles techniques sont en cours d'évaluation. Il est en effet important de pouvoir distinguer une radionécrose (la mort de cellules irradiées) d'une tumeur, et des recherches sont en cours afin d'y remédier en mettant au point de nouvelles techniques d'observation telles l'imagerie métabolique ou encore la spectroscopie* IRM.

2. Le diagnostic

Le diagnostic est posé après avoir effectué un ou plusieurs de ces examens. Malheureusement, un grand retard au diagnostic existe lors de présence de tumeurs cérébrales primitives chez les enfants. Les céphalées et vomissements n'orientent pas dès le début vers ce diagnostic, et banalisent la pathologie.

De plus il existe une si grande diversité des tumeurs cérébrales accompagnée d'une grande variété histologique pour une même tumeur que le diagnostic en est entravé.

Enfin la biopsie stéréotaxique limite beaucoup l'étude anatomopathologique en raison du trop petit échantillon prélevé.

V. Les traitements

Un traitement n'est pas toujours et systématiquement indiqué. En effet, dans le cas des tumeurs des voies optiques dans la neurofibromatose de type 1, une simple surveillance est indiquée au vu de l'imprévisibilité de l'évolution du gliome.

Dans tous les autres cas trois traitements différents peuvent intervenir : la chirurgie, la radiothérapie et la chimiothérapie.

1. La chirurgie

La chirurgie est en général indiquée en première intention car elle permet de retirer la plus grosse partie de la tumeur, voire la tumeur dans sa totalité. Cependant, la chirurgie peut être impossible si la tumeur est mal localisée.

Cependant, cinq nouvelles approches d'exérèse tentent de faciliter cette dernière.

1.1. La neuronavigation

Il s'agit d'opérer en visualisant une imagerie telle la TDM ou l'IRM parcourant l'anatomie sujette à l'exérèse. Elle permet de mieux visualiser la zone à opérer et donc d'effectuer la résection d'une tumeur enfouie plus profondément dans les tissus.

De plus, cette technique permet au chirurgien de parvenir jusqu'à la tumeur en préservant bien mieux les tissus à contourner pour y accéder.

On peut enfin effectuer des simulations de trajets afin de retenir le trajet le moins dangereux et évitant au maximum les vaisseaux sanguins.

Cette technique est effectuée quasiment systématiquement chez l'enfant sujet d'une tumeur sus-tentorielle.

1.2. L'échographie per-opératoire

Cette technique est surtout utilisée lors de la tentative d'exérèse d'une tumeur diffuse, notamment les gliomes de bas grade, sus-tentoriels. Ainsi le chirurgien visualise les tissus

atteints par la tumeur et peut entreprendre une exérèse plus importante afin de retirer le maximum de tissu tumoral et ainsi empêcher une évolution à pronostic davantage péjoratif.

1.3. La sononavigation

Il s'agit d'une action conjointe provenant à la fois de la neuronavigation ainsi que de l'échographie per-opératoire, qui permet une visualisation en direct et pas à pas du geste chirurgical.

1.4. Les stimulations corticales et sous-corticales per-opératoires

Ces techniques sont utilisées en cas de tumeurs centrales, de tumeurs situées près de la scissure de Rolando, ou encore de tumeurs affectant les aires du langage (aires de Broca et de Wernicke). Il s'agit de détecter en administrant un courant électrique dans ces zones du cerveau les neurones à préserver, ceux-ci étant essentiels au bon fonctionnement du langage, de la motricité et la sensibilité. Ainsi une cartographie regroupant ces derniers est élaborée et permet au chirurgien d'épargner davantage ces neurones. Les séquelles neurologiques seront donc fortement diminuées ou rendues inexistantes grâce à cette technique qui se réalise sous anesthésie locale ou générale. La coopération du patient doit également être obtenue.

Une seule contre-indication existe : l'enfant doit être assez âgé pour que la myélinisation* des faisceaux soit achevée afin de permettre une réponse fiable à l'envoi du courant électrique.

1.5. La tractographie

Cette technique d'imagerie par tenseurs de diffusion permet de sélectionner avant l'opération les zones du cerveau à protéger lors du geste chirurgical. L'IRM sera utilisée en parallèle et la visualisation pourra être revisualisée lors de neuronavigation.

2. La radiothérapie

La chirurgie est souvent accompagnée d'une radiothérapie lorsque l'exérèse est partielle.

Ainsi la radiothérapie est utilisée dans environ 70% des cas de tumeurs cérébrales, notamment pour :

- les gliomes de bas et haut grades,

- les tumeurs germinales,
- les tumeurs du tronc cérébral,
- les médulloblastomes,
- les épendymomes,
- les craniopharyngiomes.

La radiothérapie consiste à irradier les cellules tumorales d'un rayonnement ionisant qui les détruit. Des séances seront prescrites. Elles devront être espacées de 24 heures afin de constater l'effet de la séance précédente : 24 heures étant le temps nécessaire pour différencier les tissus sains se régénérant des tissus tumoraux mourant.

Mais la radiothérapie comporte le risque d'irradier les tissus voisins sains (une marge de sécurité à irradier étant de 2cm autour de la tumeur) et d'entraîner donc de lourdes séquelles. De nombreuses techniques ont été élaborées afin de réduire ce risque, nous en retiendrons cinq principales :

- une technique de contention personnalisée de la tête du patient afin de réduire les mouvements de ce dernier durant l'irradiation,
- les progrès en imagerie énoncés précédemment permettent une meilleure visibilité de la tumeur et notamment de sa circonscription et de contourner au plus proche la zone à irradier,
- des progrès au niveau de l'accélérateur de particules irradiantes sont également très importants grâce à des collimateurs multilames; ils ont permis d'obtenir un faisceau irradiant seulement la zone tumorale souhaitée; sa forme peut donc être réglée et permet de cibler davantage les tumeurs,
- l'intensité du rayonnement peut également être réglée par la technique RCMI (Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité).
- La protonthérapie permet de préserver les cellules situées sur le trajet du rayonnement avant d'atteindre la tumeur, ainsi que les cellules situées plus en profondeur également touchées d'ordinaire par le rayonnement.

Malgré tous ces progrès qui permettent la meilleure irradiation possible actuellement, le risque que le patient conserve des séquelles demeure. De plus, la contre-indication principale de ce traitement reste l'âge qui ne doit pas être inférieur à 5 ans.

La chimiothérapie voit donc son rôle se substituer à la radiothérapie.

3. La chimiothérapie

Le principe de la chimiothérapie est d'administrer, par voie intraveineuse ou orale, des substances permettant de stopper la mitose des cellules tumorales et donc d'engendrer la mort de celles-ci. Ces substances sont dites cytotoxiques.

Ce traitement est préconisé notamment pour :

- les tumeurs germinales malignes,
- les médulloblastomes.

L'efficacité de la chimiothérapie sur ces deux types de tumeurs a été estimée à 80% pour les tumeurs germinales et les médulloblastomes.

Pour les autres tumeurs la chimiothérapie s'avère peu efficace (pour les tumeurs gliales de haut grade, épendymomes), inefficace (pour les craniopharyngiomes et méningiomes), ou encore incertaine (pour les gliomes de bas grade).

Ainsi la chimiothérapie n'est pas un traitement infailible. Elle présente, malgré une efficacité prouvée sur certaines tumeurs, certaines entraves à son bon fonctionnement.

Le premier aléa de cette méthode repose sur le fait que ces substances peuvent s'attaquer également à d'autres cellules saines à forte activité mitotique, d'où certains effets secondaires de la chimiothérapie (perte des cheveux, anémie, etc.)

L'action de ces substances peut également être entravée de plusieurs façons.

La première étant que la résistance naturelle de certaines cellules aux substances cytotoxiques : on parle de faible chimiosensibilité des cellules.

La seconde repose sur la présence d'une barrière hémato-encéphalique au niveau du cerveau dont le principal rôle est d'empêcher les toxines présentes dans le sang de pénétrer dans le cerveau. Ainsi cette barrière considérera les médicaments chimiothérapeutiques comme des toxines et les empêchera d'accéder au cerveau et plus précisément à la tumeur.

Les médicaments sont administrés en différents schémas et doses, selon les traitements déjà administrés antérieurement et selon le type de tumeur.

Les doses peuvent être conventionnelles ou hématotoxiques et sont administrées une fois par mois environ. Elles peuvent également être de hautes ou faibles doses selon l'effet voulu.

Enfin, elles peuvent être délivrées semi-continuellement.

4. La corticothérapie

L'administration de corticoïdes peut s'avérer bénéfique sur certains signes cliniques de certaines tumeurs. Elle est particulièrement efficace lors d'œdème cérébral ou d'hypertension intracrânienne.

VI. Les séquelles cognitives des tumeurs cérébrales

1. L'origine des séquelles cognitives

Il est parfois difficile de déterminer l'origine des séquelles cognitives lorsqu'une radiothérapie a été réalisée au vu des conséquences de cette dernière. Elle constitue, avec l'hydrocéphalie, les deux plus grands facteurs de risque de ces séquelles chez l'enfant.

Ce tableau définit les risques pouvant entraîner des séquelles neuropsychologiques plus ou moins systématiquement et avant tout traitement, d'après GRILL et KIEFFER-RENAUX.

Voici la légende du tableau : ST : Supratentorielle,

IT : Infratentorielle,

G : Gauche,

D : Droite,

GH : Hormone de croissance.

TAB. 02 : Facteurs de risque de séquelles neuropsychologiques, d'après GRILL et KIEFFER-RENAUX⁹

Facteurs de risque	niveau de preuve
<u>Liés au patient</u>	
âge au diagnostic	certain
neurofibromatose	probable
sexe	possible
état nutritionnel	possible
niveau socio-économique	possible
<u>Liés à la tumeur</u>	
siège de la tumeur (ST<IT)*	certain
hydrocéphalie	certain
siège de la tumeur (G<D)*	probable
présentation clinique	probable
épilepsie et son traitement	probable
histologie maligne de la tumeur	probable
déficit hormonal (GH)*	probable
hypothyroïdie	possible
<u>Liés au traitement</u>	
irradiation	certain
âge à l'irradiation	certain
doses d'irradiation	certain

⁹ *Séquelles neuropsychologiques des enfants traités pour tumeur cérébrale : évaluation et facteurs de risque.*

volume d'irradiation	certain
champs d'irradiation	probable
chimiothérapie	certain
complications chirurgicales	certain
transplantation	probable

Liés à l'examen neuropsychologique

délai entre traitement et évaluation	certain
--------------------------------------	---------

Cependant, le niveau socio-économique défini ici comme un « possible » facteur de risque de séquelles neuropsychologique apparaîtrait davantage comme « certain ».

2. Les séquelles cognitives

2.1. Généralités

Les séquelles vont tout d'abord dépendre étroitement de trois critères :

- la localisation de la tumeur,
- l'âge de l'enfant au moment du diagnostic,
- le traitement utilisé.

L'âge de l'enfant au moment où celui-ci est pris en charge influe sur certaines capacités. En effet, les enfants de moins de 3 ans sont davantage enclins à des déficits plus importants que les enfants âgés de plus de 3 ans.

Le risque de séquelles dépend également étroitement du traitement choisi. En effet, la chimiothérapie seule n'entraîne pas de conséquences neuropsychologiques, en revanche la radiothérapie, et surtout l'association radiothérapie/chimiothérapie entraîne de plus grands risques de séquelles neuropsychologiques. Notamment la dose délivrée lors de la radiothérapie influencerait sur ces séquelles : plus la dose augmente, plus les risques augmentent également.

En général, les principaux troubles entraînés par la présence d'une tumeur cérébrale sont :

- une lenteur,
- des troubles de la mémoire,
- des troubles de la concentration.

Quant aux localisations des tumeurs nous notons :

- Une tumeur sous-tentorielle impliquerait souvent « une lenteur, des troubles de flexibilité mentale, de raisonnement, de motricité fine, une dysarthrie et des troubles du langage et des difficultés d'apprentissage » selon GRILL et KIEFFER-RENAUX¹⁰, avec des lourdes conséquences pour les enfants en apprentissage de la lecture et de l'arithmétique.
- Une tumeur sus-tentorielle impliquerait surtout des « troubles du comportement, des troubles moteurs, des QI plus faibles surtout pour le QI verbal » d'après ces mêmes auteurs.

En général, le quotient intellectuel (QI) diminuerait de 10 à 30 points en moyenne après un traitement radiothérapique pour une tumeur cérébrale sus-ou sous-tentorielle, ce qui situe le QI comme étant supérieur à 90 dans 10% des cas, entre 70 et 80 dans 15 à 50% des cas, et inférieur à 70 dans 30 à 50% des cas, selon DELATTRE *et al.* et DUFFNER *et al.*

Il est à savoir que ces atteintes sont plus fréquentes dans le cas de tumeurs sus-tentorielles que de la fosse postérieure car le QI serait supérieur à 90 dans 11% des cas de tumeurs sus-tentorielles et dans 62% des cas de tumeurs de la fosse postérieure selon HIRSCH *et al.* Enfin, lorsque ces tumeurs de la fosse postérieure sont traitées par radiothérapie, on observe très souvent des difficultés d'apprentissage selon DELATTRE, LANGUE et DUFFNER.

De plus, les séquelles psychologiques sont présentes dans de nombreux cas, selon la gravité de la tumeur, et donc de l'impact sur la vie des enfants et de leurs familles. Elles sont constituées par des émotions exacerbées, de peur, notamment de la mort, ainsi que d'un

¹⁰ Op.cit.

morcellement du sentiment d'identité, d'un sentiment de différence et d'injustice, plus ou moins difficiles à comprendre et à accepter par l'enfant.

Ainsi, les séquelles s'avèrent aussi diverses que nombreuses. Il est à noter que les pré-requis à la lecture sont les capacités les plus touchées et pénalisent le plus l'enfant en phase d'apprentissage de la lecture.

2.2. Les séquelles visuo-spatiales

Dans un premier temps il est important de noter que le QI des performances est davantage touché que le QI verbal, car on note de nombreuses atteintes visuo-constructives ou visuo-perceptives accompagnées de la perte de repères spatiaux. Ces troubles visuo-spatiaux, qui font partie intégrante des séquelles cognitives, perturbent le balayage visuel, la recherche d'indices précis, et peuvent être accompagnés et accentués par un déficit de l'attention ainsi que par des troubles oculomoteurs.

En effet, on observe des troubles visuo-spatiaux particuliers dans le cas de tumeurs sous-tentorielles : les troubles entraveraient effectivement les capacités de visuo-construction et d'attention et constitueraient les deux principales séquelles de ces tumeurs selon GRILL et KIEFFER-RENAUX. Ces troubles seraient présents dans 9 cas sur 10 de tumeur de la fosse postérieure ayant bénéficié d'un traitement par radiothérapie selon l'étude de LEVY-PIEDBOIS.

Enfin, une étude récente a réussi à mettre en évidence les zones du cerveau concernées lors d'une négligence spatiale droite ou gauche. Une voie allant du lobe pariétal au lobe frontal serait nécessaire au bon fonctionnement des fonctions visuo-spatiales. En effet, BARTOLOMEO *et al.* ont réussi à démontrer l'implication de ces régions en demandant à des patients, lors de l'extraction de la tumeur, d'effectuer une bissection de ligne. Ils remarquèrent alors que lorsque ces zones étaient inactivées, les patients déviaient leur tracé d'un côté (gauche pour une négligence spatiale droite, et droit pour une négligence spatiale gauche). Ainsi il a été possible d'épargner ces régions lors de l'acte chirurgical afin de minimiser les séquelles visuo-spatiales.

En conclusion, les tumeurs cérébrales peuvent, quelque soit leur localisation et leur histologie, très souvent entraîner des déficits visuo-spatiaux. Ceux-ci seront en revanche différents suivant les caractéristiques de la tumeur.

Voyons maintenant la description de la NF1 et les troubles visuo-spatiaux que cette maladie génétique peut à son tour engendrer.

CHAPITRE III : LA NEUROFIBROMATOSE DE TYPE 1 ET LES TROUBLES VISUO-SPATIAUX ENGENDRES

I. La maladie

La neurofibromatose de type 1 (NF1) ou maladie de von Recklinghausen est une maladie héréditaire sur un mode autosomique dominant dans 50% des cas, les autres cas étant sporadiques par mutation *de novo*. Son incidence étant de 1 naissance sur 3000 à 3500, cela en fait une des maladies génétiques les plus fréquentes.

La NF1 est une maladie qui touche ainsi 25 000 personnes en France dont 5 000 enfants et adolescents. Les hommes sont autant touchés par la maladie que les femmes, et aucun critère de gravité ne peut être lié au sexe.

Le mode autosomique dominant signifie qu'un malade a un risque sur deux de transmettre la NF1 à son enfant. Cette maladie possède une grande variabilité phénotypique inter- et intrafamiliale. On ne peut en effet se baser sur la gravité ou non de la maladie d'un parent pour prédire la gravité de la maladie de son enfant. Enfin, la nature de la mutation ne donnera aucun indice sur la gravité de la maladie. La pénétrance de la NF1 est de 100% à 5 ans.

Le gène responsable de la maladie a été localisé en 1990 sur le chromosome 17 dans la région 17q11.2. La maladie va s'exprimer dès la présence d'un seul gène anormal. Ce gène est un gène suppresseur de tumeur qui ne fonctionne plus dans un cas de mutation. En effet, ce gène est responsable de la fabrication de la neurofibromine qui joue un rôle négatif dans la différenciation et la prolifération cellulaire. Sans cette protéine, les tumeurs bénignes ont davantage tendance à se développer.

Cette maladie se manifeste physiquement par l'apparition étalée dans le temps de taches café au lait, de neurofibromes cutanés, de lentigines ou éphélides et d'hamartomes iriens ou nodules de Lisch (décrits plus loin).

De plus, elle peut être accompagnée de gliomes des voies optiques, de neurofibromes spinaux ou des nerfs périphériques, de macrocéphalie, de troubles cognitifs et neurologiques, de scoliose ou d'anomalies osseuses.

Un index de sévérité a été élaboré par RICCARDI. Il décrit 4 grades de la maladie :

- le grade 1 ou la neurofibromatose 1 fruste : les signes de la maladie sont absents ou minimes,
- le grade 2 ou neurofibromatose 1 bénigne : la maladie est évidente au vu des signes présents, cependant elle ne nuit en rien à la santé de la personne,
- le grade 3 ou neurofibromatose 1 modérée : les signes présents ont des conséquences sur l'état de santé de la personne, mais ils sont traitables et ne nuisent pas à la durée de vie,
- le grade 4 ou neurofibromatose grave : les signes de la maladie entraînent de graves conséquences sur la durée de vie et sont difficilement traitables; ce grade représente 15 à 20% des patients porteurs d'une NF1.

II. Le diagnostic de la NF1

1. Généralités

Un diagnostic reposant sur les résultats d'un test génétique réalisé sur l'ADN de la personne suspectée est possible et envisageable. On peut procéder à une analyse génétique dans trois cas :

- lorsqu'il s'agit d'un enfant présentant des manifestations incomplètes,
- lorsqu'il s'agit de formes atypiques,
- lorsqu'il s'agit d'un diagnostic prénatal ou pré-implantatoire (le diagnostic sera alors effectué sur l'embryon lors d'une fécondation in vitro qui pourra être réimplanté lorsque toute anomalie génétique sera écartée).

Cependant l'examen physique de la personne est le plus souvent suffisant pour poser le diagnostic avec certitude.

Ainsi, le diagnostic repose sur la présence d'au moins deux des sept critères suivants chez la personne :

- au moins six taches café-au-lait de plus de 5 mm dans leur plus grand diamètre chez les individus prépubères et de plus de 15 mm chez les individus pubères,
- deux neurofibromes ou plus de n'importe quel type ou un neurofibrome plexiforme,
- des éphélides axillaires ou inguinales,
- un gliome des voies optiques,
- deux nodules de Lisch ou plus dans chaque champ,
- une lésion osseuse caractéristique,
- un parent du premier degré atteint et répondant aux critères précédents.

Ces critères ont été établis lors de la conférence de consensus du National Institute of Health de Bethesda aux Etats Unis en 1988.

L'établissement du diagnostic est plus aisé chez l'adulte que chez l'enfant, notamment chez l'enfant de moins de cinq ans, car tous les critères peuvent ne pas être encore apparus, tels que les neurofibromes qui apparaissent généralement à partir de la pré-adolescence et les nodules

de Lisch qui sont présents chez 90% des adultes porteurs d'une NF1, ne le sont que chez 10% des enfants de moins de deux ans.

Il faut donc s'appuyer davantage sur les antécédents familiaux, ainsi que sur les anomalies osseuses qui elles sont présentes dès la naissance, afin d'établir le diagnostic.

2. Critères diagnostiques

Six critères ont été définis afin de poser le diagnostic de neurofibromatose de type 1 avec certitude. On distingue les taches café au lait, les neurofibromes, les éphélides, le gliome des voies optiques, les nodules de Lisch et les atteintes osseuses spécifiques.

2.1. Les taches café au lait

FIG. 07 : Tache café au lait de grande taille



Ces taches constituent le premier critère se manifestant chez le patient porteur d'une NF1 avant l'âge de deux ans. Elles sont présentes dans 90% des cas à l'adolescence, et s'atténuent durant la vie adulte (pâlissent voire disparaissent). Elles peuvent être réparties sur l'ensemble du corps sans lieu de prédilection, leurs contours sont souvent peu marqués, et leur teinte varie allant du marron à une pigmentation à peine visible sur la peau. Elles ne constituent pas un critère propre à la NF1, car 10 à 25% des enfants de la population générale sont porteurs

d'une à trois taches, mais il faudra considérer un enfant porteur de plus de six taches café au lait comme un enfant possiblement porteur de NF1.

On notera que la présence de ce critère est à surveiller dans tous les cas car il peut appartenir à certains critères de maladies rares (syndrome des taches café au lait familiales, syndrome de McCune-Albright, syndrome de Watson, etc.)

L'examen en lumière de Wood permet de les déterminer, mais n'est pas souvent nécessaire.

2.2. Les neurofibromes

Les neurofibromes sont des tumeurs bénignes. Ils apparaissent dès la puberté et sont absents dans seulement 5% des cas à l'âge adulte.

On en distingue de quatre sortes :

- Les neurofibromes cutanés

FIG.08 : Neurofibromes cutanés multiples



Ils constituent des proéminences molles sur la surface de la peau et concernent 20% des sujets de moins de 6 ans, et 90% des adultes. Ces neurofibromes n'évoluent pas, mais peuvent faire l'objet d'une exérèse pour des raisons esthétiques ou fonctionnelles.

- Les neurofibromes nodulaires périphériques ou sous-cutanés

Ils concernent 20% des patients et apparaissent dans la seconde enfance. Ils sont palpables et possèdent une plus grande probabilité de transformation maligne.

- Les neurofibromes plexiformes diffus cutanés

FIG. 09 : Neurofibrome plexiforme



Ce sont des tuméfactions cutanées ou sous-cutanées de taille variable. La peau est hypertrophiée et pigmentée de couleur marron ou rose. Ils apparaissent toujours avant 5 ans, et se développent dès l'adolescence. Ils concernent 30 à 40% des enfants. Ils se localisent souvent sur les paupières et sur les régions orbitaires, parfois sur le médiastin, l'abdomen et le pelvis. Ils présentent des difficultés d'exérèse car les tissus environnants sont généralement touchés.

- Les neurofibromes plexiformes nodulaires

Ce sont des neurofibromes sous cutanés et regroupés autour de tronc nerveux. Ils peuvent, s'ils sont situés près des os, entraîner certaines anomalies osseuses, de croissance ou de compression. Ce sont les moins fréquents.

2.3. Les éphélides

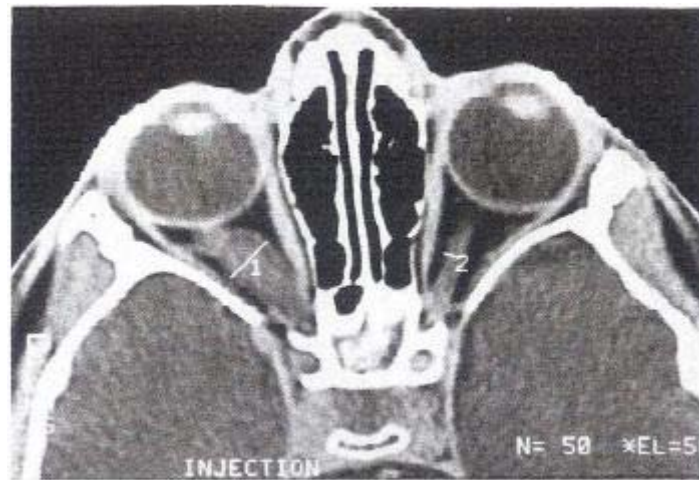
FIG. 10 : Ephélides axillaires



Les éphélides ou lentigines s'avèrent également être des taches café au lait, mais siégeant préférentiellement dans les plis axillaires, inguinaux, ou sous-mammaires. Elles peuvent également survenir sur la nuque, sous le menton, ou être diffuses. Leur taille n'excède pas 3mm de diamètre. Elles apparaissent en général avant l'âge de six ans, et constituent donc un critère important permettant d'établir le diagnostic.

2.4. Le gliome des voies optiques (ou GVO)

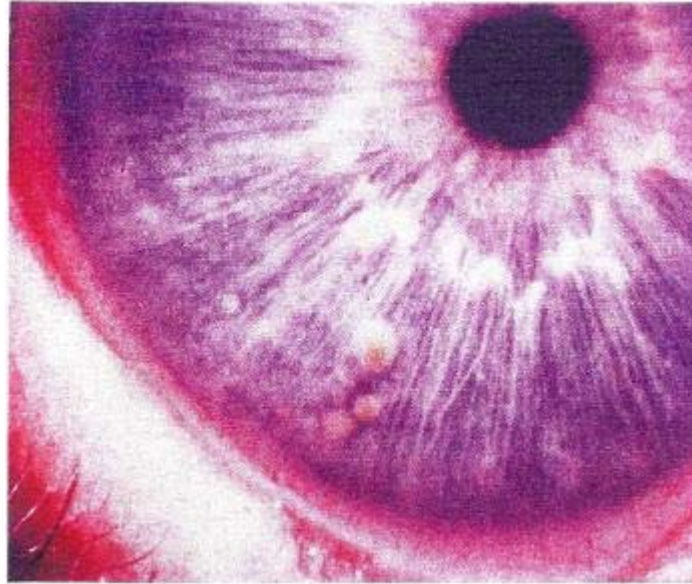
FIG. 11 : Gliome du nerf optique droit



Il s'agit d'une tumeur intracérébrale touchant le nerf et/ou le chiasma optique chez 15% des sujets. Elle peut également s'étendre le long des voies optiques rétro-chiasmatiques et est détectable par IRM notamment avant 6 ans, âge avant lequel elle est susceptible de se développer. Après 6 ans le GVO est suspecté par examen ophtalmologique et peut être traité par chimiothérapie s'il s'avère évolutif. Il est à savoir que 20 à 25% des GVO signent une NF1. De plus, dans 50% des cas, aucun trouble de l'acuité visuelle et aucune anomalie du globe oculaire ne sont notés. Enfin on peut retenir que lorsque le gliome est situé davantage dans la région postérieure, la puberté pourra survenir précocement chez le sujet atteint.

2.5. Les nodules de Lisch

FIG. 12 : Hamartomes iriens ou nodules de Lisch



Il s'agit de malformations tissulaires d'aspect tumoral au niveau de l'iris, mais qui n'entraînent aucun trouble visuel. Ils caractérisent fortement la maladie, et sont présents chez 10% des sujets avant 10 ans et chez 90% des sujets dès 16 ans. Sa description le caractérise comme étant gélatineux, à bord net et intercalé dans le stroma. Il est jaune clair pour les yeux bleus et marron pour les yeux moins clairs. Ces nodules sont mis en évidence lors d'un examen ophtalmique à la lampe à fente.

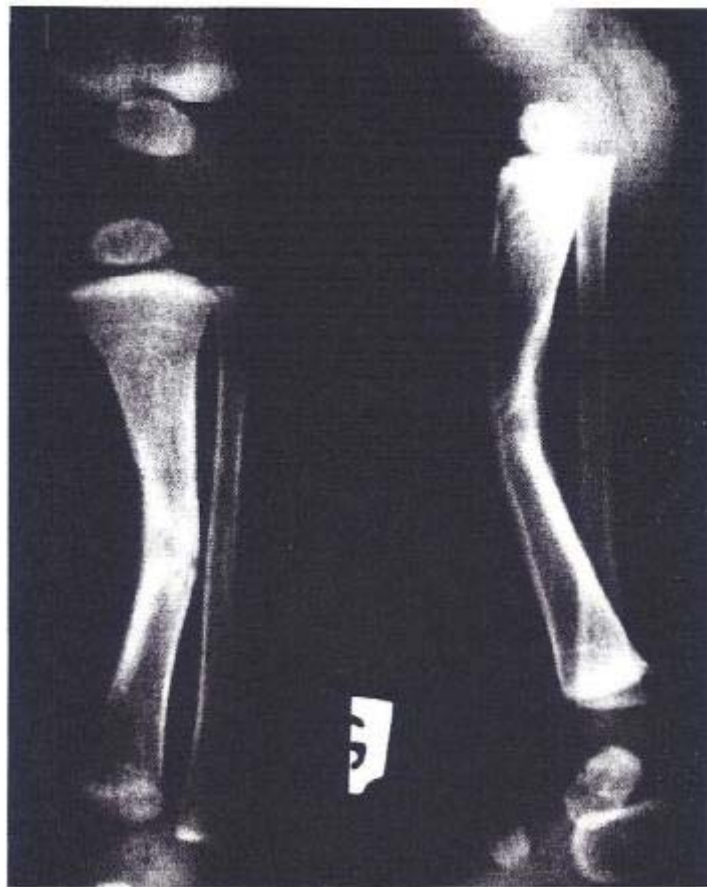
2.6. Les atteintes osseuses spécifiques

Il en existe de trois sortes :

- Les dysplasies des os longs

Il s'agit de malformations congénitales touchant en général le tibia.

FIG.13 : Tibia arqué congénital



- Les dysplasies des ailes sphénoïdes

Il s'agit de malformations congénitales et non évolutives, souvent accompagnées d'un neurofibrome plexiforme orbitaire.

- Les dysplasies vertébrales

Les plus courantes sont l'accentuation de la concavité de certains corps vertébraux.

FIG. 14 : Scalloping vertébral



Ainsi le diagnostic s'établit en répertoriant au moins deux de ces critères. Un diagnostic moléculaire est parfois possible notamment dans les formes familiales. De plus, un diagnostic des mutations est en cours d'élaboration et constituerait alors un diagnostic précoce de la NF1.

III. Les complications

De nombreuses complications peuvent survenir au cours de cette maladie.

Ces complications peuvent être de plusieurs natures : orthopédiques, neurologiques, endocriniennes, ophtalmologiques et cancéreuses, ou elles peuvent encore prendre la forme de troubles d'apprentissage.

1. Les complications orthopédiques

Nous distinguons surtout des cyphoscolioses* (sans dystrophies osseuses associées) et plus rarement des scolioses causées par des dystrophies vertébrales. Ces dernières apparaîtront surtout chez le sujet jeune et peuvent entraîner (rarement) des problèmes pulmonaires.

2. Les complications neurologiques

Nous constatons dans 50% des cas des tumeurs développées à partir des cellules neuronales. Ces tumeurs cérébrales sont nommées astrocytomes. Nous notons également des hydrocéphalies dans 2% des cas qui sont dues à un rétrécissement par compression tumorale de l'aqueduc de Sylvius, déformant les cavités contenant le liquide céphalo-rachidien et perturbant ainsi son écoulement.

Des vasculopathies, des épilepsies et des céphalées peuvent également survenir.

De plus, l'apparition de nombreux neurofibromes nodulaires peut avoir comme conséquence une compression de la moelle épinière.

Enfin la présence d'OBNI (Objets Brillants Non-Identifiés), qui sont des hypersignaux en T2, est remarquée chez 60% des patients porteurs d'une NF1. Ces images sont détectées par IRM et disparaissent avec l'âge. Ils n'entraîneraient aucune manifestation ou complication de la NF1 selon certains auteurs. D'autres feraient un lien entre la présence de ces OBNI et la présence de troubles cognitifs.

3. Les complications endocriniennes

On relève la présence rare d'un phéochromocytome qui est une affection tumorale, parfois maligne et aurait comme conséquences des crises hypertensives avec une montée d'anxiété et de sudation accompagnée de céphalées.

On note également parfois une anomalie liée à la précocité de la puberté (liée à une atteinte de l'hypothalamus) ou plus rarement à un retard de celle-ci.

4. Les complications ophtalmologiques

On retiendra principalement le gliome des voies optiques dont les signes sont souvent une baisse de l'acuité visuelle ou une exophtalmie*. La surveillance de ce GVO devra être soutenue car les conséquences sont aléatoires et diverses. Les nodules de Lisch sont également présents dans 30 à 50% des cas, mais n'ont pas de conséquences sur la qualité de la vision. Enfin on notera la présence éventuelle d'hypertrophie des nerfs cornéens et optiques (15% des cas) ou d'un glaucome congénital (9% des cas).

5. Les complications cancéreuses

Elles sont présentes chez 20% de la population porteuse d'une NF1. On distingue principalement la tumeur maligne des gaines nerveuses (chez 3 à 4% des enfants porteurs d'une NF1 et 5 à 15% des adultes porteurs d'une NF1) qui se développe à partir d'un neurofibrome pré-existant rarement avant l'âge de 10 ans. Les sujets traités pour cette tumeur maligne initiale ont également une prédisposition à voir apparaître par la suite des tumeurs malignes secondaires. 50% de ces tumeurs malignes des gaines nerveuses sont associées à cette maladie. Le traitement sera chirurgical suivi plus ou moins d'une radiothérapie. Le taux de survie est inférieur à 20-40% chez l'enfant de 10 ans.

On retrouve également des tumeurs du système nerveux central avec des gliomes du tronc, des astrocytomes, des épendymomes, des médulloblastomes et des méningiomes. Le traitement sera chirurgical pour chacune de ces tumeurs.

On note aussi une prédisposition accrue aux autres types de cancers tels les leucémies, les glioblastomes, etc.

Enfin des céphalées fréquentes et des vasculopathies peuvent également survenir.

Le tableau ci-dessous indique la fréquence d'apparition des manifestations et complications de la NF1 en fonction de l'âge.

TAB. 03 : Fréquences des manifestations et des complications en fonction de l'âge selon WOLKENSTEIN et ZELLER¹¹

<i>Manifestations/complications</i>	<i>Fréquence (%)</i>	<i>Âge</i>
Peau		
Neurofibromes plexiformes	30 à 40	< 5 ans
Xanthogranulome* juvénile	1 à 2	Enfance
Œil		
Gliome optique	15	Petite enfance
Gliomes symptomatiques	2 à 4	
Squelette		
Pseudarthrose	1	Enfance
Scoliose nécessitant une chirurgie	2 à 4	Enfance, adolescence
Système nerveux		
Difficultés d'apprentissage	30 à 70	Enfance
Épilepsie	< 5	Enfance
Hydrocéphalie	1,5 à 3	Enfance
Compression médullaire	< 1	Enfance
Cancers		
Neurofibrosarcome	3 à 4	Adolescence, adulte
Leucémie	< 0,1	
Tumeur carcinoïde	0,5 à 1,5	
HTA		
Phéochromocytome	< 1	Adulte
Sténose de l'artère rénale	1	Enfance, adolescence

¹¹ Neurofibromatose 1, Thérapeutique dermatologique.

6. Les difficultés d'apprentissage

Elles sont une des plus grandes complications de la NF1, car surgissant dans 30 à 70% des cas, selon les auteurs. Ils constatent des aspects particuliers et inhabituels avec comme principaux troubles :

- Un déficit de l'attention

Des difficultés d'attention ont été décrites par MOORE *et al.* chez des enfants porteurs d'une NF1, en particulier les enfants porteurs d'une NF1 et d'OBNI seraient davantage touchés par ces difficultés que les enfants porteurs d'une NF1 sans OBNI.

- Un déficit de la coordination motrice

DUNN et ROOS ont découvert lors de leur étude sur 28 enfants porteurs d'une NF1 que 8 d'entre eux avaient un déficit de la coordination motrice, non expliqué par une tumeur ou une hydrocéphalie mais découlant vraisemblablement de la NF1 en elle-même. FERNER *et al.* sont arrivés aux mêmes conclusions lors de leur étude chez 43% de leurs sujets. ELRIDGE *et al.* ont également trouvé davantage d'anomalies motrices chez les sujets porteurs d'une NF1 dans leur étude. Cependant MOORE décrit la coordination motrice comme étant le domaine le moins touché chez les enfants porteurs d'une NF1 dans son étude.

- Des troubles phonologiques
- Des difficultés d'élocution et des troubles prosodiques
- Des troubles dysarthriques
- Des troubles perceptifs, notamment des troubles visuo-spatiaux

Les troubles visuo-spatiaux sont présents chez 56 à 88% des enfants porteurs d'une NF1, ce qui en fait le trouble cognitif le plus fréquent. WOLKENSTEIN¹² définit ces troubles comme

¹² Neurofibromatoses.

« des difficultés à discriminer, à reproduire et à se représenter des figures géométriques bi- ou tridimensionnelles »

ELIASON a, dès 1986, démontré une baisse de la perception visuelle. Cet auteur utilisa trois tests mettant en évidence ces difficultés :

- le Bender Visual Motor Gestalt Test (ou BVMGT) testant la visuo-construction,
- le Benton Visual Retention Test (ou BVRT) testant également la visuo-construction,
- le Judgement of Line Orientation (ou JLO).

Plus précisément, GRATTON, LACHANCE, MORIN et THOMAS¹³ ont regroupé un certain nombre de critères visuo-spatiaux pouvant être perturbés chez le sujet porteur de NF1, à savoir :

- des difficultés de discrimination visuelle,
- un manque de créativité,
- des difficultés de relations spatiales,
- des confusions quant à la direction,
- des difficultés à situer un objet en mouvement,
- des difficultés à juger son corps dans l'espace,
- des difficultés avec les notions temporelles,
- des problèmes de planification, d'organisation de la tâche,
- des problèmes de mémoire visuo-spatiale,
- des problèmes d'organisation dans le temps.

Ainsi les sujets porteurs de NF1 peuvent relativement souvent être atteints d'une ou plusieurs de ces difficultés.

Plus généralement, on peut noter que les retards mentaux sont rares (FERNER *et al.*, 1996, LEGIUS *et al.*, 1994, MAZZOCCO *et al.*, 1995).

D'autres complications, telles que des atteintes gastro-intestinales en cas de présence de neurofibromes digestifs, des atteintes de l'appareil urinaire et des dysplasies artérielles, ont également été observées.

¹³ Facteurs de risque associés à la déficience motrice ou organique.

Enfin, la présence de neurofibromes cutanés, notamment de neurofibromes plexiformes congénitaux, peut avoir de lourdes conséquences psychologiques chez le sujet porteur d'une NF1.

IV. NF1 et Syndrome des Dysfonctions Non-Verbales (ou SDNV)

Les premières études sur le fonctionnement intellectuel global des patients porteurs d'une NF1 ont décrit une courbe déplacée vers la gauche, avec un score de QI légèrement inférieur à la moyenne, selon LEGIUS *et al.*, MAZZOCCO *et al.* et NORTH.

Puis ont été pointées des fonctions visuo-spatiales davantage atteintes que les fonctions verbales. Cette différence de score entre les fonctions verbales et les fonctions non-verbales est la principale caractéristique du SDNV qui est décrit comme une dysfonction de l'hémisphère droit.

ROURKE a attribué neuf caractéristiques supplémentaires appartenant à ce SDNV :

- déficits visuo-spatiaux,
- déficits psychomoteurs,
- déficits mathématiques,
- déficits dans la résolution de problèmes non-verbaux,
- déficits dans les habiletés sociales,
- déficits dans les situations nouvelles,
- déficits dans la perception tactile,
- verbosité,
- force dans les habiletés verbales.

Mais les études qui ont suivi ont remis en question cette hypothèse d'attribuer à la NF1 un SDNV. En effet, les études de MAZZOCCO *et al.* et de HOFMAN *et al.* ont démontré la présence de déficits verbaux. Des troubles du langage écrit ont été mis en évidence, accompagnés de troubles phonologiques selon ces auteurs.

V. Diagnostic différentiel

La NF1 diffère de la neurofibromatose de type 2 (NF2) d'une part, par la localisation du gène responsable de la maladie : il est situé sur le chromosome 22 dans la NF2, et, d'autre part, par la nature des tumeurs : il s'agit de schwannomes dans la NF2 et non pas de neurofibromes.

La NF1 diffère également de la neurofibromatose de type 5 de par la restriction de la localisation des manifestations, qui s'avèrent cependant identiques dans les deux maladies.

La NF1 diffère aussi de la neurofibromatose de type 6 car cette dernière ne s'exprime pas par des manifestations cutanées.

Enfin d'autres syndromes comprennent aussi des taches cutanées, mais ne présentent pas les autres signes de la NF1 tel les syndromes de Noonan ou de McCune Albright.

VI. Prise en charge des patients NF1

Mis à part le traitement des complications, aucun n'existe pour annihiler cette maladie. Ainsi, une surveillance est à mettre en place chez l'enfant avec un examen annuel pour dépister notamment la présence de troubles cognitifs, de gliome des voies optiques et de scoliose.

Chez l'adulte un examen tous les deux ans est recommandé.

Au vu des aspects divers des manifestations et complications de cette maladie, une structure multi-disciplinaire est plus à même de gérer ces troubles.

En conclusion, la NF1 entraîne des troubles visuo-spatiaux spécifiques à cette maladie. Plus généralement, nous avons décrit dans cette première partie le fonctionnement des capacités visuo-spatiales et démontré qu'elles impliquent de nombreux systèmes et structures souvent perturbés lors de la présence d'une tumeur cérébrale et d'une atteinte génétique de type NF1.

Dans la seconde partie de notre mémoire nous allons décrire, d'une part, la population retenue pour notre étude, à savoir deux enfants porteurs d'une tumeur cérébrale, et un enfant atteint de la NF1, et, d'autre part, le matériel classique et informatique utilisés pour déterminer plus précisément leurs troubles. Enfin, chacun de ces enfants ayant bénéficié d'une rééducation basée sur l'utilisation du logiciel Neurwaken uniquement, il conviendra de constater si d'éventuels progrès sont observables lors du bilan final sur le matériel à la fois classique et informatique.

DEUXIEME PARTIE
DISPOSITIF EXPERIMENTAL

I. TERRAIN EXPERIMENTAL

1. La population

1.1. L'âge

Pour notre étude nous avons choisi une population composée de trois enfants.

Ces trois enfants sont nés en 2001, et ont donc sept ans et quelques mois au moment de cette étude. Plus précisément :

- MAR. est née le 1^{er} Juillet 2001,
- GAB. est né le 14 Juillet 2001,
- TRI. est né le 20 Juillet 2001.

1.2. Le sexe

Notre étude comporte une fille et deux garçons.

1.3. Les pathologies

Deux de ces enfants sont ou ont été porteurs de tumeurs cérébrales. Le troisième enfant est porteur de neurofibromatose de type 1.

MAR. est née à terme le 1^{er} Juillet 2001 et est actuellement en classe de CE1.

Elle est atteinte de la neurofibromatose de type 1, et est porteuse d'une de ses conséquences, à savoir un gliome des voies optiques. Le traitement adapté dans ce cas étant une simple surveillance de par l'absence de trouble fonctionnel et de la possibilité d'involution de cette tumeur. MAR. n'a donc pas subi de traitement.

MAR. n'a subi aucune opération chirurgicale telle que l'ablation des amygdales ou des végétations, mais s'est fait retirer un neurofibrome localisé dans la région occipitale.

Son acuité auditive a été testée et est apparue normale. Son acuité visuelle devrait être prochainement testée. En effet elle doit être surveillée de par la présence d'un gliome du nerf optique entraînant un « point aveugle » qui perturbe l'acuité visuelle de son œil droit notamment.

MAR. n'a pas de maladies chroniques telles que des otites, angines, rhinopharyngites, et n'a ni asthme, ni allergies.

MAR. a marché entre 14 et 16 mois, sans passer par le stade quatre pattes, mais y est venue par la suite. Elle n'a pas eu de prise en charge en psychomotricité, mais a fait de la "babygym".

Elle a en revanche eu une prise en charge orthophonique il y a deux ans, avec trois orthophonistes différentes suite aux départs successifs de ces dernières. MAR. n'est donc actuellement pas suivie. L'objet de la prise en charge initiale était principalement des difficultés de langage oral, puis écrit. Les difficultés phonologiques étaient prégnantes avec des inversions, substitutions, ajouts et omissions de phonèmes ou syllabes, et des substitutions de mots.

MAR. est une petite fille très sage et concentrée, qui respecte rigoureusement les règles et consignes, et s'applique énormément dans son travail.

Elle a été très angoissée par son entrée en petite section de maternelle et ce jusqu'au CP (nausées..). MAR. déclare beaucoup aimer la poésie à l'école où elle réussit particulièrement bien dans ce domaine, et à l'inverse déclare un peu moins aimer la lecture. Les devoirs sont faits régulièrement avec l'aide des parents.

MAR. n'a ni frère ni sœur et pratique des activités extra-scolaires multiples et variées.

Elle aime beaucoup les jeux de société mais aussi d'apprentissage.

MAR. est restée concentrée et calme durant toute la passation du bilan qui s'est réalisé sur deux séances (une pour le bilan classique, une pour le bilan sur le logiciel).

GAB. est né le 14 Juillet 2001 et est actuellement en classe de CE1.

GAB. a été porteur d'une tumeur cérébrale de 4,5 cm de diamètre localisée dans la fosse postérieure et découverte à ses 6 ans. Cette tumeur est un épendymome de grade II. Les premiers signes ont été une hydrocéphalie, accompagnée d'écoulement du liquide céphalo-rachidien par le nez, ainsi que des épisodes de désorientation et d'énurésie.

Le traitement préconisé a été une exérèse complète de la tumeur après le diagnostic. Une surveillance est cependant de rigueur actuellement afin de dépister une éventuelle récurrence. Mais à la suite d'une importante dégradation au niveau scolaire, GAB. s'est vu prescrire de la Ritaline ou méthylphénidate afin d'augmenter ses capacités de concentration et d'attention.

De plus, il souffre de diplopie non permanente, très invalidante dans les situations quotidiennes, et apparemment due à l'atteinte de la VI^e paire crânienne.

GAB. a un passé d'otites, d'angines et de rhino-pharyngites fréquentes

GAB. est cependant un petit garçon très demandeur de l'école, vif et avec de fortes capacités à rebondir, d'après la maman.

A l'école il déclare aimer surtout le sport. Mais le bulletin du premier trimestre du CE1 a révélé des notes très satisfaisantes dans toutes les matières par rapport à la fin du CP.

Il n'a jamais eu de suivi orthophonique ni psychomotrice, mais une prise en charge avec un kinésithérapeute a déjà été effectuée. GAB. a également eu rendez-vous avec la psychologue de l'hôpital où il a été pris en charge, ceci étant lié aux éventuelles répercussions psychologiques d'une telle étiologie. En effet, GAB. pleurait souvent, questionnait beaucoup ses proches sur les raisons de la présence de cette tumeur chez lui, et parlait souvent de la mort.

Au niveau du comportement, la maman de GAB. trouve que ses colères ont une plus forte intensité.

GAB. a cependant de grandes difficultés à s'endormir les soirs, ceci étant dû à l'association de médicaments. Il ne peut donc assister à l'école tous les jours, en raison du manque de sommeil qui amplifie par ailleurs ses difficultés d'attention et de concentration.

Il aime beaucoup les jeux d'extérieur et les jeux sur console ou ordinateur, à savoir tant des jeux éducatifs que des jeux davantage ludiques.

GAB. a un grand frère de 12 ans très proche de lui.

TRI. est né le 20 juillet 2001 et est actuellement au CP.

Il a été diagnostiqué chez TRI. à ses 18 mois une DNET située dans la face interne du lobe temporal gauche et il a été opéré en mai 2004. Cette tumeur a entraîné des crises épileptiques et une exérèse partielle a été pratiquée. TRI. était en retard au niveau du développement langagier avant l'opération. Sa maman nous dit qu'il ne « parlait pas » avant son opération. Cette dernière a permis le développement langagier. Par ailleurs le développement moteur a débuté à l'âge normal.

TRI. a également des difficultés d'attention et de concentration et un traitement de Ritaline lui a été administré.

TRI. est actuellement suivi en psychomotricité, ainsi qu'en orthophonie. L'orthophoniste prend en charge le langage oral et écrit chez TRI. Actuellement, la construction de phrases est travaillée. La psychomotricienne a détecté des difficultés à faire des puzzles, et a fait un lien avec notre étude en pointant les difficultés visuo-spatiales remarquées en séance avec TRI. Il est à noter qu'il est latéralisé à gauche. Il n' « écrivait », ni ne dessinait avant l'âge de 5 ans $\frac{1}{2}$, selon la maman.

En termes d'allergie, TRI. était sujet à des crises d'eczéma étant petit. Aujourd'hui il souffre de crises d'asthme.

TRI. est le dernier d'une fratrie de quatre enfants. Ses frères et sœurs ont 17, 18 et 19 ans. Il est donc très entouré quotidiennement.

La maman décrit TRI. comme un petit garçon ayant toutes sortes de manies ou de préférences très marquées, sur divers objets; avant il s'agissait des montres, horloges, pendules et réveils, maintenant il s'agit des dauphins. Elle me décrit également TRI. comme volontaire, mais anxieux et manquant de confiance en lui : « il n'ose pas » me dit-elle.

Voici ci-après un tableau récapitulatif de notre population. En abscisse figurent les enfants, et en ordonnée les différentes variables, indépendantes (âge, sexe, pathologie, traitement et scolarité) et dépendantes (nombre et durée des séances de rééducation sur logiciel).

TAB. 04 : L'échantillon de la population

	MAR.	GAB.	TRI.
Variables indépendantes			
Age (au 1 ^{er} bilan)	7 ans et 4 mois	7 ans et 5 mois	7 ans et 5 mois
Sexe	Féminin	Masculin	Masculin
Pathologie	Gliome des voies optiques dans le cadre d'une NF1	Ependymome de grade II de la fosse postérieure	DNET du lobe temporal gauche
Traitement de la pathologie	Surveillance	Résection totale en 2007	Résection partielle en 2004
Scolarité	CE1, cursus normal	CE1, cursus normal	Redoublement de la GSM, est actuellement au CP, cursus normal
Variables Dépendantes			
Nombre de séances	10 + deux séances de bilan	10 + deux séances de bilan	10 + deux séances de bilan
Durée de la séance	30 minutes Bilan : 2h (en deux séances)	30 minutes Bilan : 2h (en deux séances)	30 minutes Bilan : 2h (en deux séances)

1.4. La scolarité :

MAR. et GAB. sont actuellement au CE1 du cycle 2 classique, sans jamais avoir redoublé. MAR. et GAB. sont très demandeurs de l'école ; ils nous disent aimer y aller et aiment faire leurs devoirs.

TRI. quant à lui a redoublé la grande section de maternelle (ou GSM) et est actuellement au CP. Il dispose d'une AVSi à l'école et déclare également aimer l'école. TRI. est avide de réussir et peut se concentrer pour y parvenir. Malgré certains échecs TRI ne souhaite jamais abandonner l'exercice.

2. Cadre de l'expérimentation

Les séances de rééducation se déroulent au domicile de chacun des enfants.

3. Périodicité et durée des séances

Dans ces variables nous regrouperons le nombre de séances, leur durée, et l'adaptation et la sélection des exercices selon les enfants. Ces variables sont donc fixées subjectivement.

3.1. Le nombre et la durée des séances

Les séances sont au nombre de 10. Ces séances sont hebdomadaires, et chacune d'entre elles dure une demi-heure.

Les bilans ne font pas partie de ces 10 séances. Ces derniers sont réalisés sur deux séances (en général une séance d'une heure et demie et une séance d'une demi-heure). Leur durée dépendra de la fatigabilité de l'enfant.

3.2. L'adaptation et la sélection des exercices

Les exercices contenus dans chaque séance de rééducation sont issus du logiciel Neurowaken, et plus précisément du module « troubles cognitifs ». Il s'agit de reprendre les exercices ayant eu valeur d'épreuves de bilan, et de changer parfois la nature des items, afin de favoriser la généralisation de la notion chez l'enfant. L'objectif étant qu'il puisse utiliser le principe de l'exercice sur des items de natures différentes.

De plus certains exercices, ayant eu valeur d'épreuve de bilan, pourront voir leur but détourné et ainsi être travaillés de façon différente en rééducation. C'est le cas de l'exercice « visuo les modèles postures » où l'enfant lors de l'épreuve de bilan devait simplement retrouver le bonhomme identique au modèle parmi des bonhommes schématisés dans des positions différentes. En séance de rééducation avec MAR. nous nous sommes aperçue qu'elle retrouvait la plupart du temps bien le même bonhomme que celui du modèle, mais ne savait utiliser les marqueurs spatiaux tels : « haut », « bas », « droite », « gauche », et raisonnait par rapport au référentiel dans lequel elle se trouvait : « vers les livres » pour « gauche », « vers les fleurs » pour « droite », etc. Ainsi nous avons travaillé l'utilisation de ces marqueurs spatiaux en décrivant le bonhomme-modèle.

Enfin la sélection des exercices dépend étroitement des réussites ou échecs des enfants. Les exercices réussis à 100% lors du bilan ne sont pas repris en rééducation. Tous les autres exercices sont revus, une seule fois parfois pour les exercices auxquels l'enfant n'a qu'une ou deux fautes seulement lors du bilan.

Voici un tableau récapitulatif des contenus des séances pour chacun des enfants. Il est à noter que pour le 1^{er} enfant vu, en l'occurrence MAR., les exercices ont été déterminés et répartis sur 10 séances immédiatement après le bilan comme pour les autres enfants, mais, par peur de répétitions d'exercices d'une séance sur l'autre, pouvant être lassantes pour l'enfant, nous avons décidé d'alterner les exercices. Il est apparu qu'en réalité cette alternance désarmait et désorientait quelque peu l'enfant. Pour les enfants suivants, les exercices ont donc été regroupés par type lors des séances.

TAB. 05 : Exercices effectués pour chaque enfant lors des 10 séances de rééducation

	MAR.	GAB.	TRI.
SEANCE 1	Visuo modèles postures niveau 3	- Mosaïques en direct niveaux 1, 2, 3. - Mosaïques en différé niveaux 1, 2, 3.	Analyse figures formes niveaux 1, 2, 3.
SEANCE 2	- Mosaïques en différé niveau 3 - Analyse figures formes niveau 3 - Analyse séries couleurs niveaux 1, 2, 3.	- Mosaïques en différé niveaux 2, 3. - Analyse séries couleurs niveaux 1, 2.	Analyse figures formes niveaux 1, 2, 3.
SEANCE 3	- Analyse séries lettres niveaux 1, 2. - Analyse séries chiffres niveaux 1, 2. - Association logique formes niveaux 1, 2.	- Mosaïques en différé niveau 3. - Analyse séries couleurs niveaux 2, 3. - Analyse séries lettres niveaux 2, 3. - Analyse séries chiffres niveaux 2, 3.	Analyse figures formes niveaux 1, 2, 3.
SEANCE 4	- Symétrie horizontale niveaux 1, 2. - Symétrie verticale niveaux 1, 2, 3.	- Mosaïques en différé niveau 3. - Analyse séries couleurs niveaux 2, 3. - Analyse séries lettres niveaux 2, 3. - Analyse séries chiffres niveau 3.	Analyse séries couleurs niveaux 1, 2.
Prescription :	Association logique formes niveau 3.	Analyse séries chiffres niveau 3.	Analyse séries couleurs niveau 1.
SEANCE 5	- Analyse séries lettres niveaux 2, 3. - Analyse séries chiffres niveaux 2, 3.	Analyse figures formes niveaux 1, 2, 3.	Analyse séries couleurs niveaux 1, 2, 3.
Prescription :	Analyse séries lettres niveaux 2, 3.		Analyse séries couleurs niveaux 2, 3.

II. PRESENTATION DU SUPPORT

1. Présentation générale

Le logiciel Neurowaken a été créé en collaboration avec le concepteur de logiciels GERIP. Il s'agit non d'un logiciel disponible à l'achat, mais dont l'abonnement mensuel par l'orthophoniste est nécessaire. Le logiciel fonctionnant via le Net, il se définit comme un portail d'exercices en ligne.

FIG. 15 : Page d'accueil de Neurowaken



De plus, cet outil doit être utilisé par un(e) orthophoniste uniquement, mais peut être prescrit à domicile aux patients. En effet, l'orthophoniste peut prescrire un ou plusieurs exercices au patient, qui, une fois abonné, pourra les réaliser à domicile entre deux séances de rééducation en présence de l'orthophoniste.

Ce logiciel présente donc deux interfaces : l'interface dédiée au professionnel, et celle dédiée au patient.

FIG. 16 : Interface dédiée à l'orthophoniste

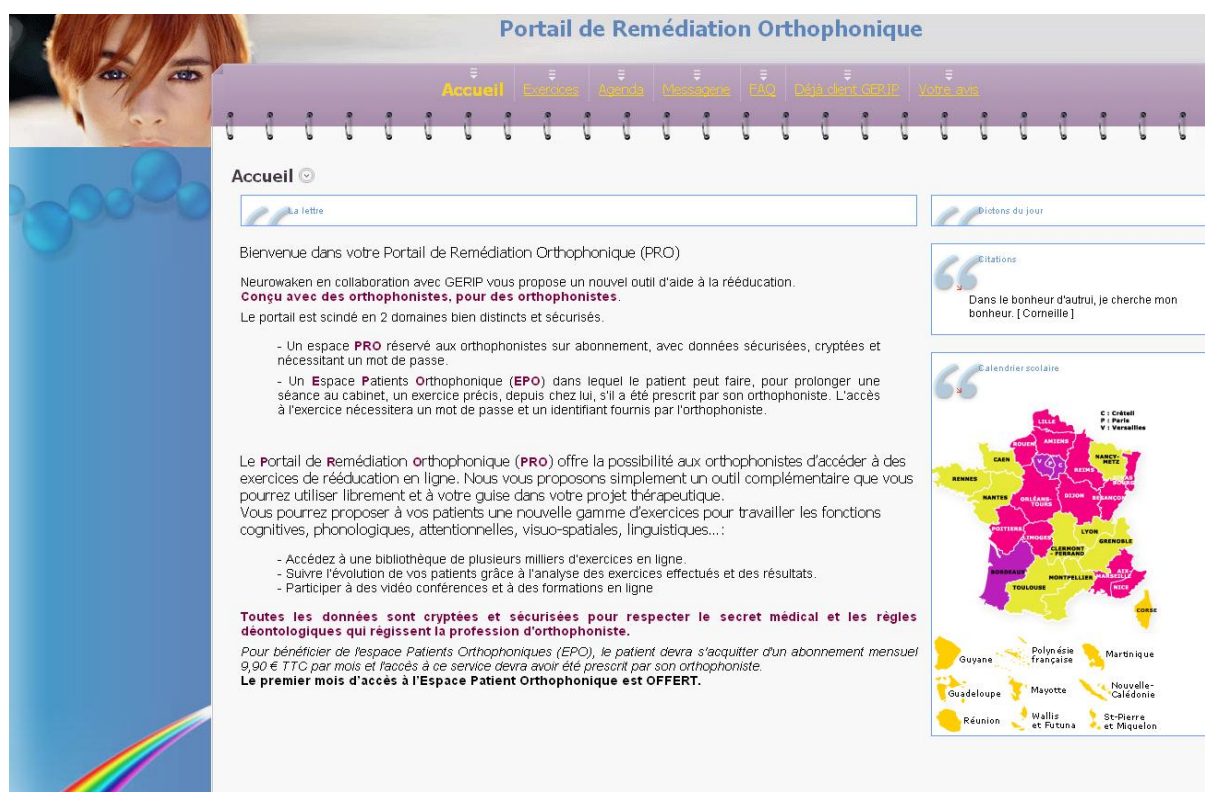


FIG. 17 : Interface dédiée au patient



L'orthophoniste peut choisir pendant sa séance avec le patient un ou plusieurs exercices à réaliser avec lui, et peut en prescrire d'autres d'un niveau supérieur ou au contraire inférieur en fonction des difficultés relevées lors de la séance.

FIG. 18 : Page de prescription au patient

Portail de Remédiation Orthophonique

Accueil Exercices Agenda Messagerie FAQ Page d'em. USRP Votre avis

Patients

RECHERCHER PAR NOM

Détails	Prescrire	Nom	Prénom	Téléphone	Mail
		Martin	Prégnon	01 45 76 10 10	martin.p@neurokaren.com
		Florian	Trépo	01 45 76 10 10	florian.t@neurokaren.com
		Thomas	Trépo	01 45 76 10 10	thomas.t@neurokaren.com

Comment créer un compte patient ?

1. Cliquez sur « Ajouter »
2. Remplissez les champs disponibles : Nom, Prénom, Téléphone, Téléphone mobile, Domicile, Email. Inscrivez son adresse email dans le champ « Identifiant ». Le mot de passe déjà affiché ne doit pas être modifié. Le champ « Commentaire/Observation » est facultatif et sera envoyé à Neurokaren.
Attention : L'adresse email que vous donne le patient correspond à l'adresse où il recevra son email de confirmation d'abonnement. Cette adresse email doit être valide et sera utilisée comme identifiant pour le patient.
3. Cliquez sur « Validez » afin d'enregistrer la fiche du nouveau patient.
4. Un email est automatiquement envoyé à votre patient à l'adresse email que vous avez renseignée, avec son code d'accès personnel.

Le patient réalise les exercices chez lui, et un système d'alerte permet à l'orthophoniste de voir si les exercices ont été réussis ou non via le score et le temps de réalisation. Ceci permet donc de reprendre lors de la séance suivante les points ayant présenté des difficultés ou au contraire d'avancer directement dans la rééducation si aucun échec n'a été rencontré.

FIG. 19 : Page d'accès aux exercices sur l'interface du patient

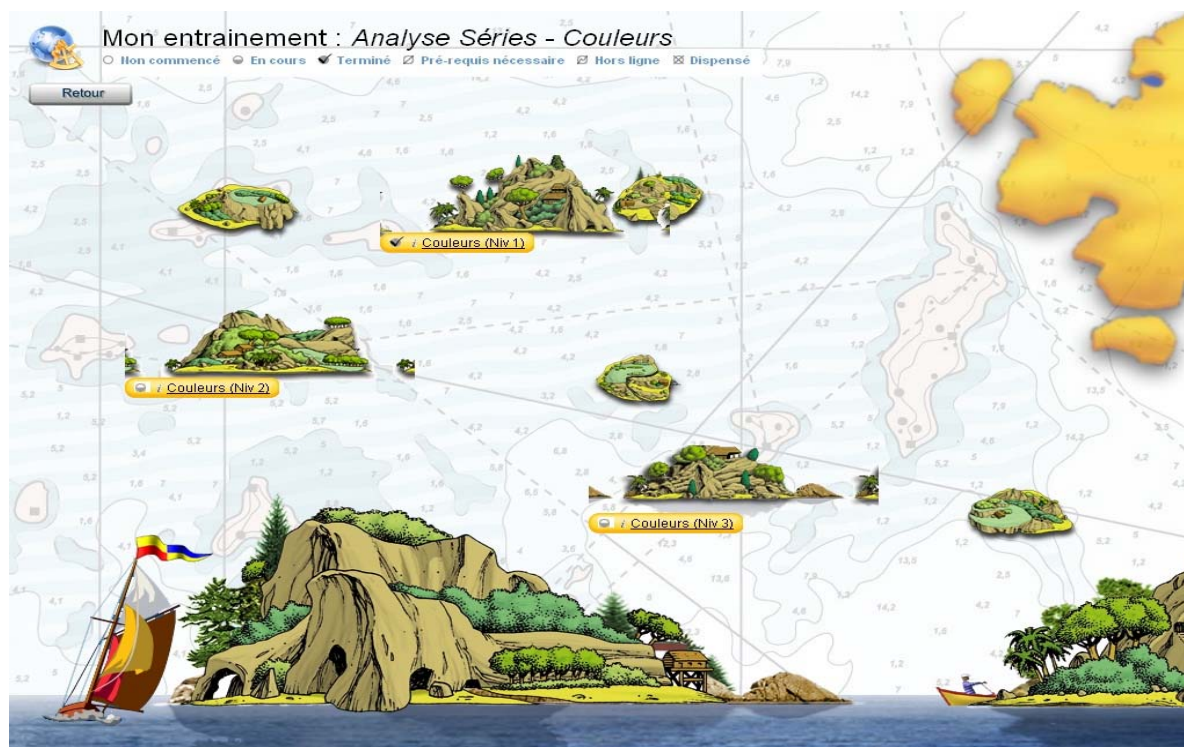
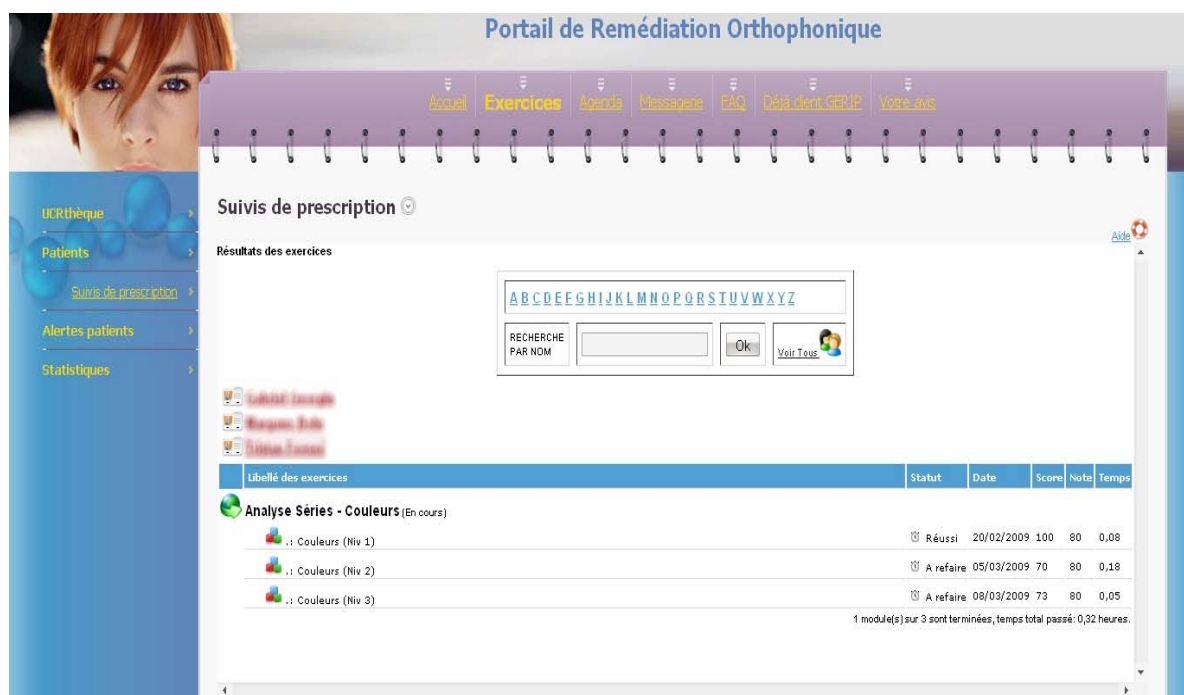


FIG. 20 : Page de suivi de prescription sur l'interface de l'orthophoniste



Il est important de mentionner qu'un compte patient étant créé pour chacun d'entre eux, les données sont sécurisées et ne sont accessibles que par l'orthophoniste. En effet, le patient dispose d'un identifiant et d'un mot de passe lui permettant d'accéder aux exercices prescrits par l'orthophoniste.

De plus le patient n'a accès qu'aux exercices à réaliser, et non à tout le portail de remédiation, ce qui évite le caractère excessif que peut avoir une rééducation davantage « personnelle », non-contrôlée.

En somme, l'orthophoniste bénéficie d'un moyen d'anticiper la future séance avec le patient en reprenant avec celui-ci seulement les points difficiles.

2. Composition du logiciel

Les exercices sont regroupés en cinq catégories :

- le langage écrit,
- le langage oral,
- la neurologie,
- la phonologie,
- les troubles cognitifs.

Dans le cadre de ce mémoire, seules les activités visuo-spatiales sont retenues. Ces dernières figurent dans le module « troubles cognitifs ».

Ce module « troubles cognitifs » regroupe les exercices suivants :

- analyse figures (*formes, lettres, nombres*),
- analyse séries (*chiffres, couleurs, dominos, formes, lettres*),
- analyse symétrie (*horizontale, verticale*),
- associations logiques (*cartes, chiffres, dominos, formes, horloges, lettres*),
- mosaïques (*en direct, en différé*),
- mots silhouettes,
- visuo les intrus (*animaux, chiffres, couleurs, dominos, formes, lettres, maisons, objets, personnes, postures, signes, visages*),
- visuo les modèles (*animaux, chiffres, couleurs, dominos, formes, lettres, maisons, objets, personnes, postures, signes, visages*),
- visuo ribambelles (*chiffres, formes, lettres*),
- visuo silhouettes (*animaux, maisons, objets, personnes, végétaux*).

Chacun de ces exercices est lui-même décliné et fait intervenir différentes catégories indiquées ci-dessus entre-parenthèses. Le principe de l'exercice étant le même, seule la nature des items peut être modifiée au sein d'un même exercice.

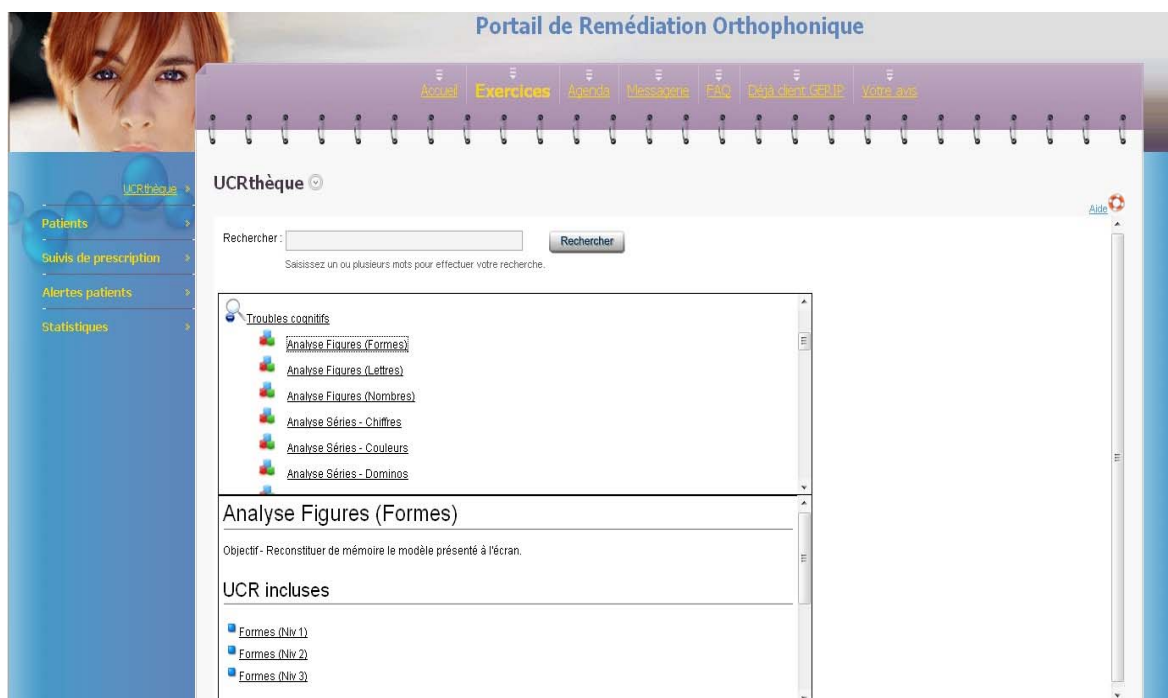
De plus, il est important de souligner que les items de tous les exercices fonctionnent de manière aléatoire. Ainsi à chaque démarrage du même exercice, l'ordre des items sera différent, ce qui permet d'éviter un éventuel conditionnement.

Chacun de ces exercices est également décliné en trois niveaux différents :

- Le niveau 1 compte 5 items au sein de l'exercice, et se déroule sans chronométrage et ce pour tous les exercices.
- Le niveau 2 compte 10 items au sein de l'exercice et est ou non accompagné d'un chronométrage de 20 secondes par item.
- Le niveau 3 compte 15 items au sein de l'exercice et est ou non accompagné d'un chronométrage de 10 secondes par item.

Ces temps de chronométrage aux niveaux 2 et 3 ne sont pas réglables et ne sont présents que dans les exercices « visuo les intrus ».

FIG. 21 : Page de sélection des exercices et de leur niveau de difficulté



Certains exercices dits « en différé », présentent un temps d'exposition d'un item de moins en moins long en fonction du niveau. Ainsi au niveau 1 de ces exercices, le temps d'exposition de l'item sera plus long qu'au niveau 2, qui lui-même sera plus long qu'au niveau 3.

Les seuls exercices présentant un temps d'exposition sont les suivants :

- « analyse figures »,
- « analyse séries »,
- « mosaïques en différé ».

- FIG. 22 : Déroulement d'un exercice avec temps d'exposition

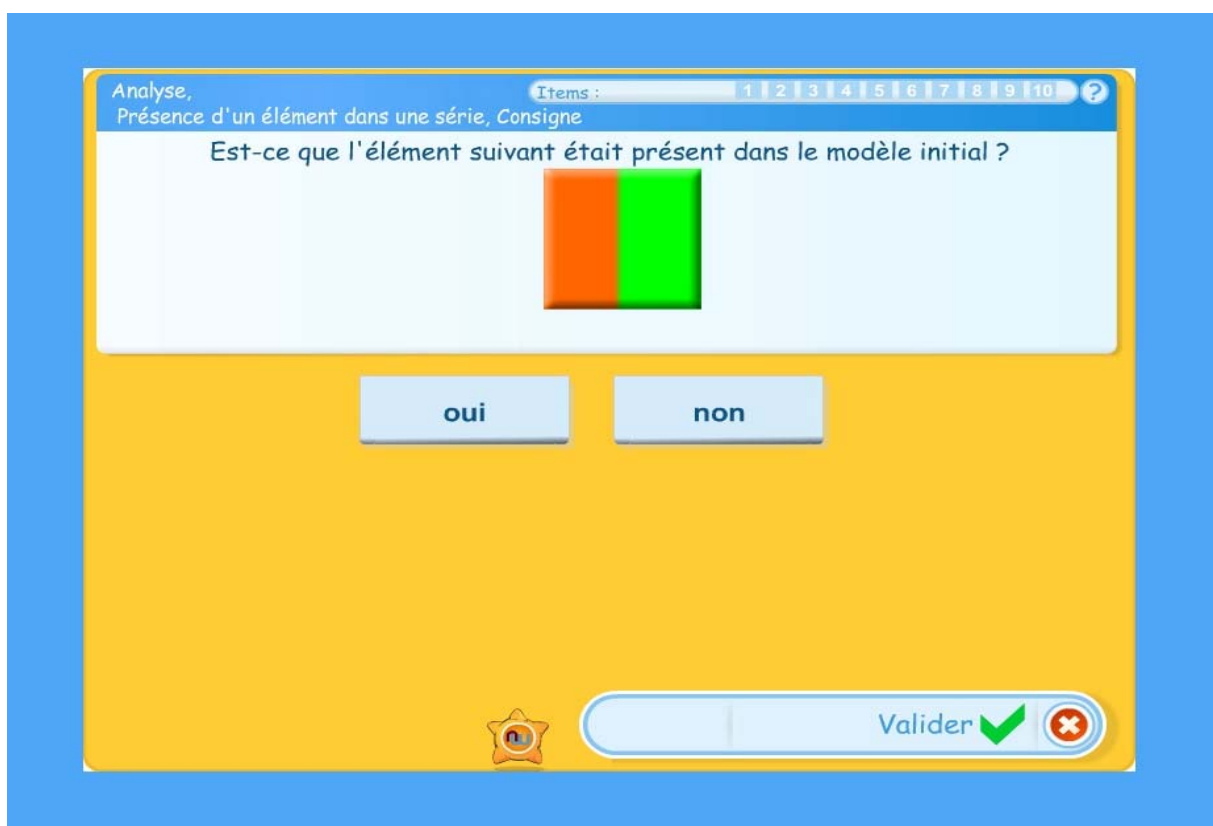
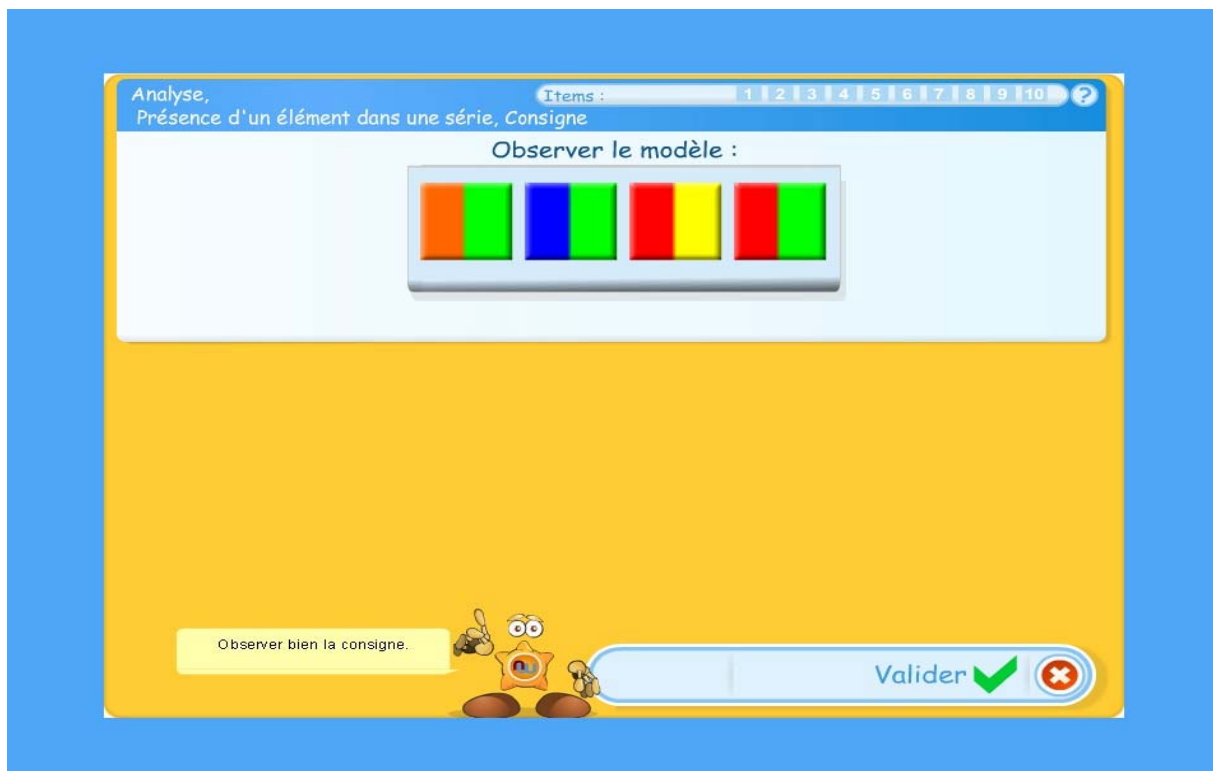


FIG. 23 : Déroulement d'un exercice sans temps d'exposition



III. EPREUVES ET CRITERES D'OBSERVATION

Il est question dans notre étude d'évaluer les possibilités visuo-spatiales de ces trois enfants. Il est donc intéressant de déterminer les différents domaines faisant intervenir ces capacités, non en cherchant à établir un profil de leurs capacités visuo-spatiales, mais en distinguant et définissant les difficultés de chacun afin de pouvoir mieux y remédier lors de la rééducation.

Il est également nécessaire de comparer les épreuves classiques avec les épreuves du logiciel du point de vue des critères observés. Ainsi nous reprendrons chaque épreuve afin de déterminer les points importants que nous observons dans notre étude.

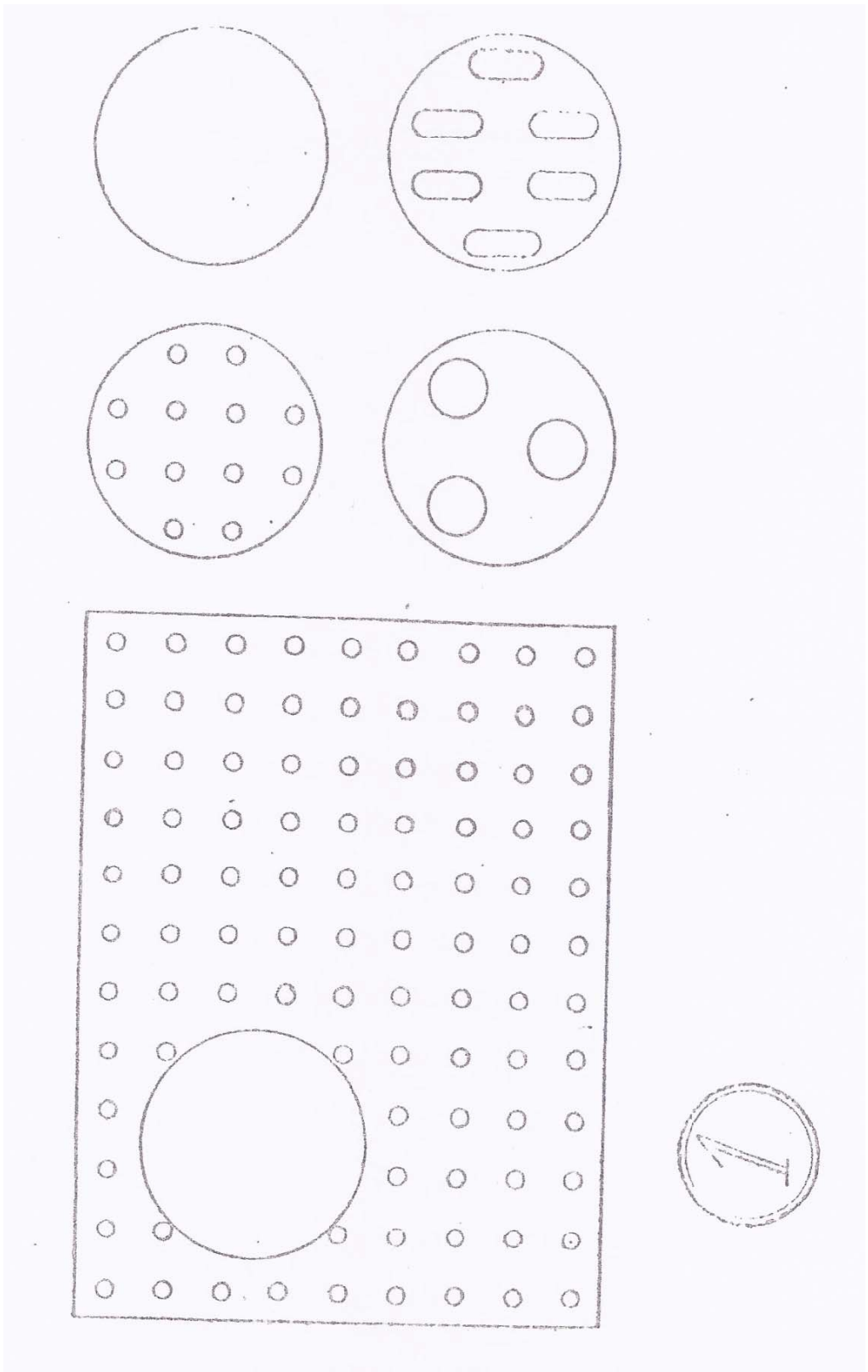
Les mosaïques à compléter extraites du test BOREL-MAISONNY

Ces planches de mosaïques permettent d'évaluer certaines exigences chez l'enfant, regroupées dans telle ou telle planche. Voici le tableau présentant les critères observés selon la planche proposée à l'enfant. (La planche n°1 ne figure pas dans l'évaluation car il s'agit de la planche de démonstration à réaliser avec l'enfant.)

TAB. 06 : Critères observés selon les planches du test des mosaïques de BOREL-MAISONNY

N° des planches	Domaine observé
Planche n° 2	observation fine d'une forme
Planche n° 3	attention à la forme et à la grandeur
Planche n° 4	attention à la grandeur et à l'orientation
Planche n° 5	reconnaissance des directions
Planche n° 6	jugement de la forme, la grandeur et la disposition
Planche n° 7	notions de forme, grandeur et orientation
Planche n° 8	notions de nombre et de direction des lignes

FIG. 24 : Exemple de mosaïque à compléter : planche n°1 du test des mosaïques

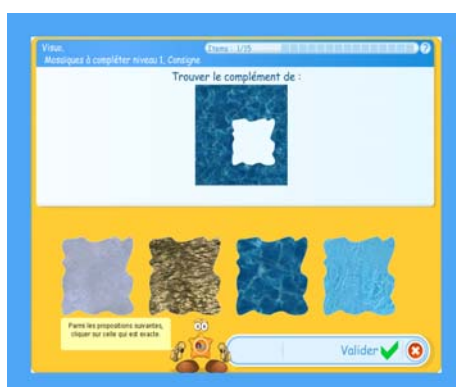


L'épreuve des « mosaïques » du logiciel Neurowaken

Cette épreuve fait intervenir deux nouveaux paramètres.

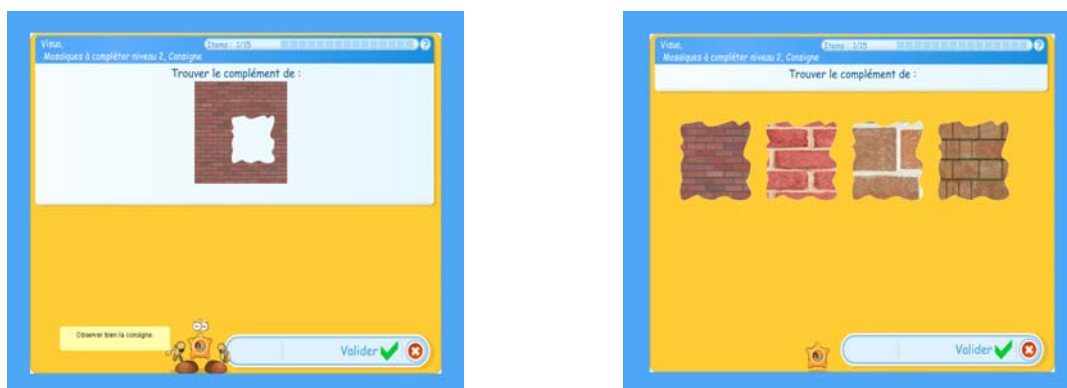
En premier lieu, les planches du test BOREL-MAISONNY sont en noir et blanc et l'accent est donc davantage mis sur la forme du motif à compléter. Dans le logiciel, le motif à compléter met en évidence à la fois la forme et la couleur. En effet, l'enfant peut être aidé par le paramètre « couleur » lorsque deux motifs se ressemblent. Mais il reste intéressant d'observer la capacité chez l'enfant à retrouver la bonne couleur dont les nuances sont parfois très proches, à la condition que ce paramètre « couleur » soit réglable et n'entrave pas l'évaluation visant la forme du motif.

FIG. 25 : « Mosaïques en normal »



De plus, il existe dans ce logiciel une version différée de l'épreuve des mosaïques à compléter, ce qui permet d'évaluer la capacité de mémoire visuelle immédiate de l'enfant en plus d'évaluer les mêmes critères que dans l'épreuve du test BOREL-MAISONNY. En effet, la mosaïque à compléter est exposée pendant un laps de temps limité puis disparaît. A l'enfant de compléter la mosaïque avec une des solutions proposées.

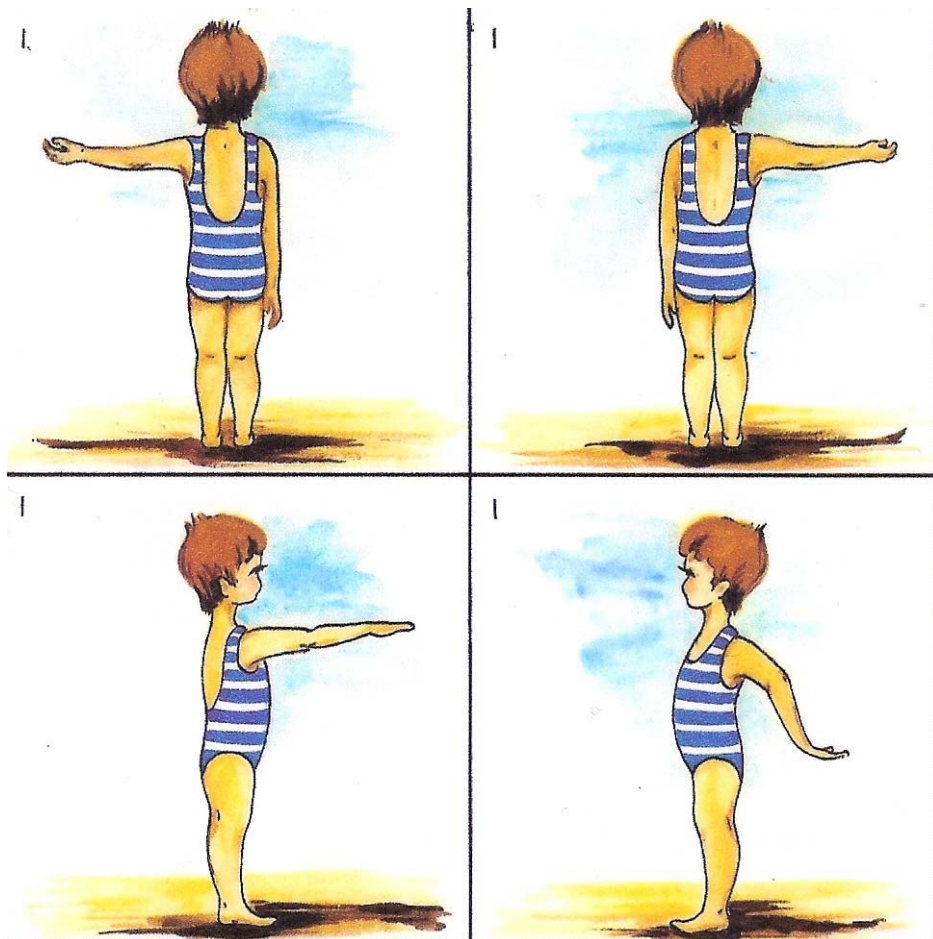
FIG. 26 : « Mosaïques en différé »



Les planches BINET-SIMON extraites du Test des Aptitudes de l'Enfant fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE

Il s'agit pour l'enfant d'identifier et d'appareiller huit silhouettes différent par l'orientation des bras. Il devra faire preuve de connaissance du schéma corporel en mimant et verbalisant certaines postures de ce dernier. La verbalisation sera évaluée selon l'emploi ou non de termes symbolisant les relations spatiales tels : « haut », « bas », « droite », « gauche », « en avant », « en arrière », etc. Enfin la compréhension des termes spatiaux sera elle évaluée lors d'une épreuve de désignation d'un enfant dans telle ou telle posture.

FIG. 27 : Exemple de planches BINET-SIMON



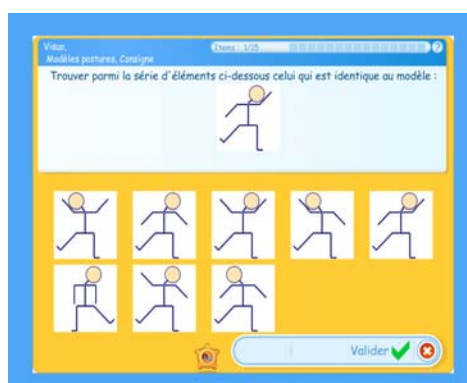
L'épreuve « Visuo modèles postures » du logiciel Neurowaken

Cette épreuve consiste à repérer parmi une série d'intrus le bonhomme identique à celui représenté comme modèle. Ce bonhomme, contrairement à l'épreuve de DE MAISTRE, est représenté schématiquement et simplement, sans indications d'orientation.

Ainsi il se présentera toujours de face et les changements de posture s'effectueront seulement sur un plan, contrairement au petit garçon de l'épreuve de DE MAISTRE qui peut suggérer une orientation dans différents plans.

Ainsi l'épreuve du logiciel s'avère moins fine que celle du matériel classique, car l'utilisation des termes spatiaux n'est pas évaluée, mais elle permet tout de même de la travailler par la suite. On notera cependant que les termes « en avant » et « en arrière » ne peuvent pas être travaillés sur le logiciel au vu du bonhomme schématisé.

FIG. 28 : « Visuo modèles postures »



Epreuve de successions conventionnelles, extraite du Test des Aptitudes de l'Enfant en fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE

Cette épreuve met en jeu les capacités de l'enfant à admettre ou concevoir et à restituer un ordre conventionnel, à savoir l'ordre de la composition des trains.

En effet, l'enfant devra tout d'abord appareiller les trains en prenant garde à la couleur des wagons qui les constituent et plus précisément à l'ordre des couleurs. Il devra alors émettre un jugement aux questions et demandes :

« Qu'est-ce qui n'est pas pareil dans les trains ? » et « montre le premier/dernier wagon » ou « montre le wagon du milieu ».

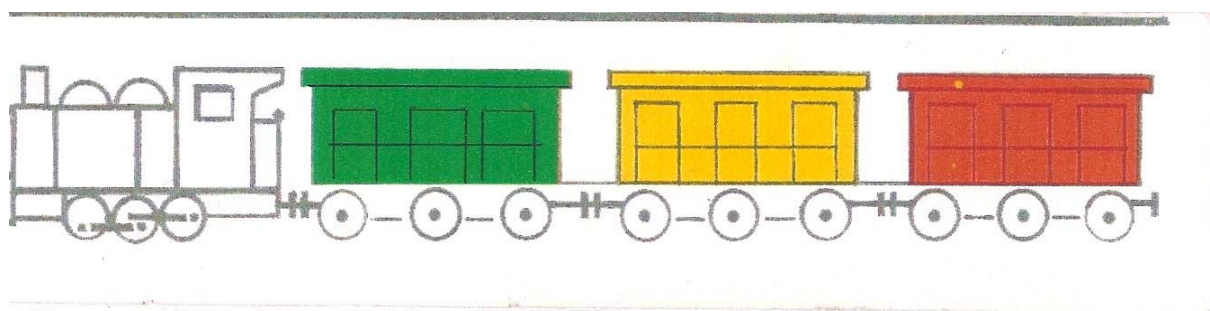
L'enfant sera ensuite évalué sur le versant réceptif en désignant « où le wagon rouge est à la fin/au début/ au milieu ? »

Puis l'enfant devra reconstituer le même train à l'aide de pièces à reconstituer dans l'ordre et expliquer ce qu'il a mis avant tel ou tel wagon.

Enfin l'enfant devra reconstituer un train seulement sur ordre verbal indiquant les couleurs des wagons.

Ainsi l'enfant est testé à la fois sur les versants expression et compréhension des termes intervenant dans les successions temporelles et spatiales, mais également sur la mémoire auditivo-verbale ainsi que sur sa capacité à considérer un modèle et à le reconstituer.

FIG. 29 : Exemple d'un train à associer, puis à reproduire



L'épreuve « analyse séries couleurs » du logiciel Neurowaken

Cette épreuve, à l'inverse de l'épreuve du matériel classique, se déroule en différé et fait donc intervenir la mémoire visuelle immédiate. En effet une série de carrés de couleurs différentes voire bicolores sont exposés et l'enfant doit pouvoir dire si tel carré présenté ultérieurement faisait bien partie de la série.

FIG. 30 : « analyse séries couleurs »



L'ordre n'est ici pas important et permettrait simplement de mémoriser les différentes couleurs proposées. L'ordre serait donc un support mnémotechnique dans cette épreuve.

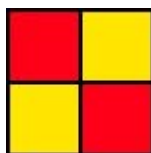
Par contre le balayage visuel est ici très important et permet d'augmenter l'empan visuel. En effet, il ne s'agit pas de retenir exactement l'ordre des couleurs, mais un simple balayage du regard sur tous les carrés présentés suffit en général pour répondre.

Les mosaïques extraites du Test des Aptitudes de l'Enfant en fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE

Cette épreuve met en jeu les capacités de visuo-construction et les capacités de compréhension et d'organisation des structures.

En effet, il s'agit de constituer une figure composée de quatre carrés unis ou bicolores de couleurs jaune et rouge devant l'enfant, de le lui laisser comme modèle afin que lui-même reconstitue la même figure avec les mêmes pièces. Il est à noter que les pièces sont différentes selon leur recto ou leur verso. Ainsi certains enfants peuvent ne pas penser à retourner la pièce si celle-ci ne convient pas.

FIG. 31 : Exemple de modèle à reproduire

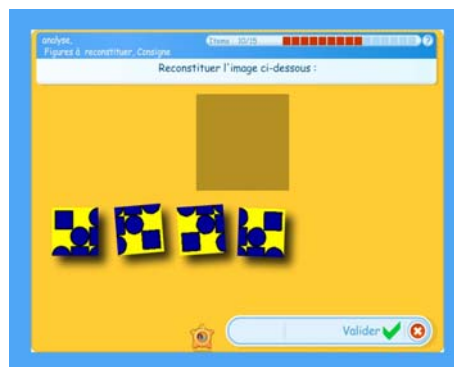
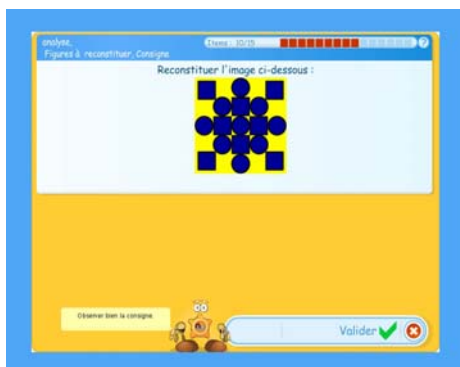


L'épreuve « analyse figures formes » du logiciel Neurowaken

Cette épreuve permet d'évaluer plus finement les difficultés de l'enfant. En effet l'image proposée peut être composée de détails plus ou moins fins, et non divisée en quatre morceaux bien distincts. Ainsi si une forme ronde est coupée en quatre morceaux, il est intéressant d'observer si l'enfant s'aide des courbes pour reconstituer l'image ou non.

De plus l'image à reconstituer est exposée à l'enfant pendant un laps de temps plus ou moins court. On fait également intervenir ici la mémoire visuelle immédiate en plus des capacités de visuo-construction.

FIG. 32 : « Analyse figures formes »



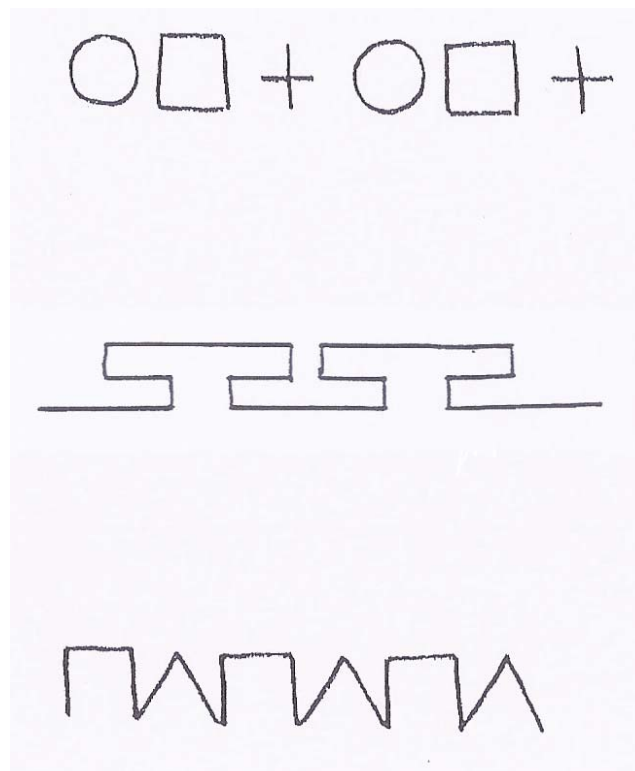
Les séries de Luria

Il s'agit pour l'enfant de continuer une série de figures s'alternant régulièrement et dont le début est réalisé sous ses yeux par l'adulte. Ici n'est évaluée que l'alternance, la qualité du graphisme ne rentrant pas en compte dans notre étude, nous laisserons de côté la planification graphique.

Mais nous serons vigilante à la mémorisation de la séquence visuelle initiale. En effet il est intéressant de voir si l'enfant a mémorisé toute la séquence ou si l'enfant progresse avec des retours en arrière perpétuels, synonymes de saccades visuelles et de fixations au plus ou moins bon endroit.

Il sera important de noter : - une éventuelle intrusion d'un nouveau signe non présent dans la séquence initiale,
- une éventuelle persévération d'un même motif au sein d'une séquence ne respectant pas l'alternance,
- un éventuel éloignement de cette séquence synonyme d'un abandon ou d'une impossibilité massive de réalisation de l'épreuve du patient.

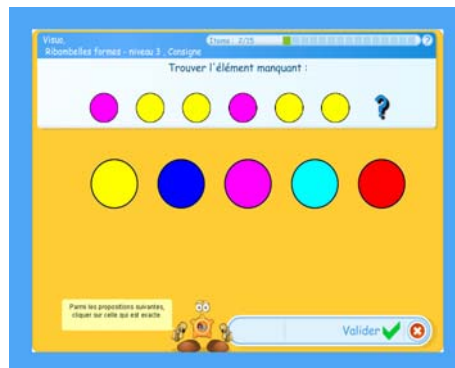
FIG. 33 : Les trois séries de LURIA



Epreuve « Visuo Ribambelles Formes » du logiciel Neurowaken

Cette épreuve, comme l'épreuve des mosaïques, fait également intervenir le paramètre « couleur » en plus du paramètre « forme », ce qui aide considérablement l'enfant à compléter la suite de la série.

FIG. 34 : « visuo ribambelles formes »



De plus, l'enfant doit seulement compléter avec un seul motif la série, et non la poursuivre sur plusieurs motifs. Le choix est donc davantage aidé par le hasard que si l'enfant devait compléter avec trois ou quatre motifs à la suite.

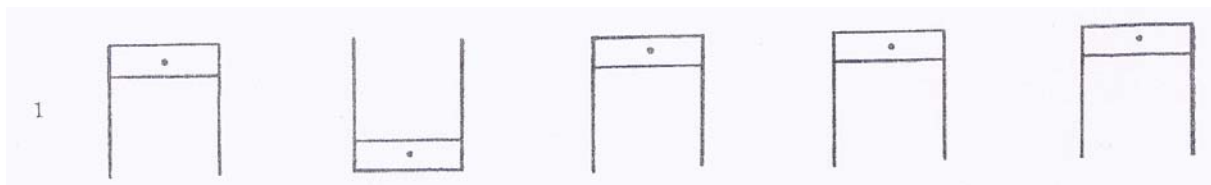
Enfin l'épreuve élimine l'acte graphique et permet de mieux analyser le choix de l'enfant, ce qui nous avantage dans cette étude.

Epreuve de positions dans l'espace, extraite du Test de Développement de la Perception Visuelle, de FROSTIG

L'épreuve est divisée en deux parties.

Lors de la première partie de l'épreuve l'enfant devra repérer parmi une série de dessins représentant le même objet usuel celui qui n'est pas orienté de la même façon que les autres. En effet l'intrus peut être en miroir ou orienté dans un autre sens. Cette épreuve mettra en évidence les capacités de discrimination visuelle de l'enfant.

FIG. 35 : Un exemple de série avec intrus



La seconde partie de l'épreuve consistera à observer le dessin de l'objet « modèle » et de retrouver son homologue parmi des dessins représentant le même objet mais orientés dans un sens différent ou présentant des différences de latéralité.

FIG. 36 : Un exemple de modèle à retrouver dans une série



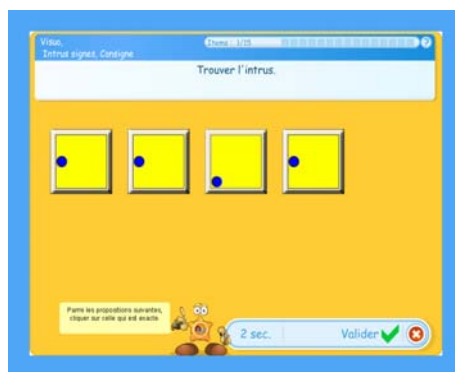
Cette épreuve met en jeu la capacité chez l'enfant à intégrer la position de l'objet modèle et d'appréhender les différentes autres positions possibles que peut prendre cet objet.

Epreuve « Visuo intrus signes » et Epreuve « Visuo modèle objets » du logiciel Neurowaken

Ces deux épreuves permettent d'observer les mêmes critères que dans leurs épreuves homologues.

Cependant la première épreuve consiste à retrouver l'intrus parmi une série de dessins ou photos identiques. Les critères peuvent être plus ou moins fins selon le niveau de difficulté. Il s'agit de retrouver un intrus différant de par son orientation, de par sa taille ou de par le chiffre qu'il comporte. Les critères n'étant pas toujours en relation avec l'orientation, cette épreuve diffère donc de celle du matériel classique. Mais il reste intéressant d'observer les réponses par rapport à la taille et la position de l'objet, critères appartenant au domaine perceptif.

FIG. 37 : « Visuo intrus signes »



La seconde épreuve consiste à retrouver le même objet que l'objet présenté comme modèle. Les choix sont constitués d'objets plus ou moins similaires: en effet, on retrouve le même objet orienté différemment ce qui constitue un critère intéressant, mais on retrouve également des objets distracteurs de nature complètement différente. Ces objets sont facilement repérables pour la population étudiée et facilitent parfois grandement le choix.

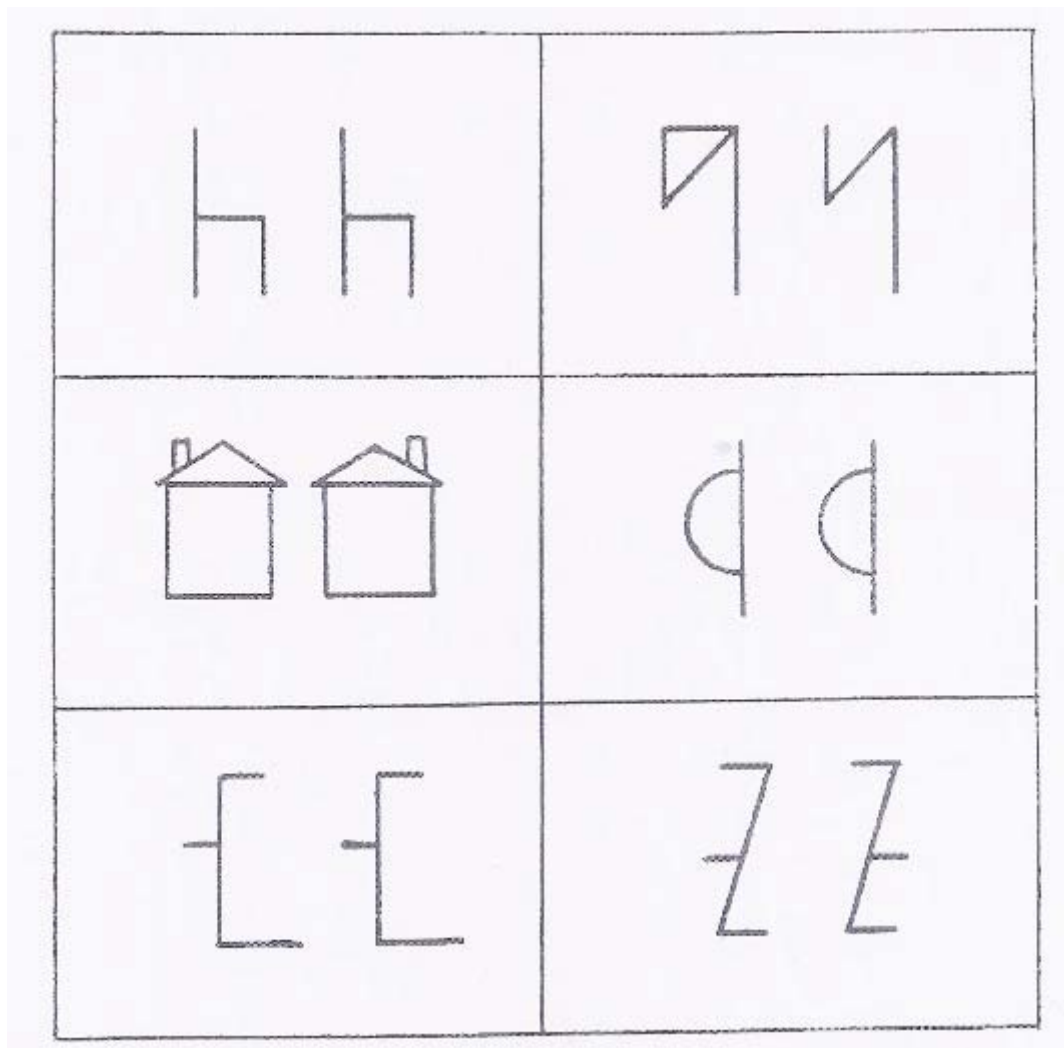
FIG. 38 : « Visuo modèle objets »



Le Reversal Test ou le Test des Figures Inversées, de EDFELDT

Ce test est en premier lieu un test prédictif de la réussite en lecture, en permettant notamment d'appréhender les capacités de perception visuo-spatiale des enfants. C'est ce que nous évaluerons ici. En effet il s'agit pour l'enfant de constater si deux figures sont identiques ou non. Si non il devra les barrer.

FIG. 39 : Exemple de figures à considérer comme identiques ou différentes



L'enfant peut commettre alors plusieurs types d'erreurs qui peuvent être classées de deux façons :

D'une part :

- les oublis : l'enfant considérera alors deux figures comme identiques alors qu'elles ne le sont pas,
- les fautes : l'enfant barre deux figures identiques.

D'autre part :

- les erreurs en miroir gauche/droite,
- les erreurs en miroir haut/bas.

De plus il est intéressant de comptabiliser le nombre d'erreurs par page - il y a quatre pages - afin d'évaluer une plus ou moins grande fatigabilité.

Enfin il conviendra d'observer dans quel sens l'enfant effectue ses barrages afin d'anticiper sur un éventuel sens de lecture gauche/droite du haut vers le bas encore non mis en place.

Les épreuves « analyse symétrie horizontale » et « analyse symétrie verticale » du logiciel Neurowaken

Ces deux épreuves permettent d'observer les capacités de retrouver mentalement une figure en miroir chez l'enfant. En effet, l'enfant devra repérer la figure symétrique à celle proposée parmi plusieurs propositions.

Ainsi on constate généralement des erreurs de deux types :

- soit l'enfant montre la même figure que celle proposée mais du bon côté de l'axe de symétrie,
- soit l'enfant montre la bonne figure à trouver, mais du mauvais côté de l'axe de symétrie.

En conclusion il est intéressant d'étudier la notion d'axe de symétrie, faisant ressurgir les notions de latéralisation.

FIG. 40 : « Analyse symétrie horizontale »

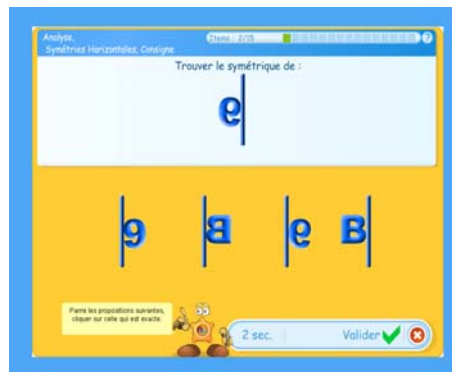


FIG. 41 : « Analyse symétrie verticale »



IV. METHODOLOGIE ET CONDITIONS DE PASSATION DES BILANS INITIAL ET FINAL

Notre étude a pour objectif d'évaluer trois enfants de 7 ans et 6 mois à l'aide d'une série d'épreuves issues de différents bilans orthophoniques, afin d'apprécier et rééduquer les capacités visuo-spatiales de ces enfants.

Par ailleurs, certains exercices du logiciel de rééducation Neurowaken seront effectués en parallèle. Ces derniers auront valeur d'épreuves et permettront d'apporter, en plus du caractère complet de l'analyse, une étude comparative entre les deux types d'épreuves ainsi que d'éventuelles requêtes et critiques auprès du concepteur du logiciel.

Le tableau suivant présente les différentes épreuves choisies et les épreuves informatiques correspondantes.

TAB. 07 : Description des épreuves classiques et de leurs épreuves informatiques correspondantes

Epreuves extraites de bilans orthophoniques	Epreuves extraites du logiciel Neurowaken
Epreuve des mosaïques, extraite du test de BOREL-MAISONNY <i>Description</i> Les mosaïques constituent l'épreuve de repérage visuo-spatial. Elles permettent d'évaluer les capacités d'orientation dans l'espace. <i>Consigne de passation</i> L'épreuve consiste à présenter un motif. Le patient doit retrouver la pastille parmi les 4 proposées qui permettra de compléter la figure. Les planches sont au nombre de 8. <i>Cotation</i> La cotation maximale est de 8. Un point est attribué pour chaque figure correctement complétée.	Epreuve des « mosaïques » <i>Description</i> L'épreuve est la même que celle du test de S.BOREL-MAISONNY, excepté la présence de couleurs dans ce test. <i>Consigne de passation</i> Il existe deux versions de cette épreuve: avec ou sans présence du modèle. La version sans la présence du modèle présente un paramètre de temps d'exposition de l'image au patient de 3 secondes. Le niveau 3 est choisi pour chacune de ces versions : 15 items seront alors proposés pour chaque version de l'épreuve. <i>Cotation</i> La cotation maximale est de 15 à raison de 1 point par mosaïque correctement complétée.

Epreuve des Séries de LURIA <i>Description</i> L'épreuve consiste à trouver le prochain motif de la série en prenant garde à l'alternance des motifs. La qualité du graphisme ne sera pas considérée, mais seulement la complétion de la série par l'enfant avec le motif correct (un seul motif et non pas plusieurs comme dans l'épreuve d'origine). <i>Consigne de passation</i> Le patient se voit proposer une planche sur laquelle se trouve une série à compléter. Il doit dessiner uniquement le motif suivant. <i>Cotation</i> Dans l'épreuve d'origine le total de point évolue entre 0 et 2 selon la qualité du graphisme. Mais, afin que cette épreuve présente les mêmes paramètres (à savoir la non-prise en compte de l'acte graphique, mais uniquement l'analyse et le repérage visuel et spatial) que son épreuve informatique correspondante, le patient obtiendra 1 point en cas de réussite et 0 en cas d'échec.	Epreuve « Visuo Ribambelles Formes » <i>Description</i> L'épreuve consiste à trouver le motif suivant de la série en prenant en compte l'alternance. Cette épreuve ajoute également le paramètre couleur qui peut aider ou desservir le patient dans son choix, en fonction de la multitude ou non de couleurs. <i>Consigne de passation</i> Le patient devra compléter 15 séries. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera ainsi de 15 points à raison de 1 point par série correctement complétée.
--	---

Epreuve des planches Binet-Simon, extraite du Test des Aptitudes de l'Enfant en fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE <i>Description</i> L'épreuve consiste, comme dans un loto, à appairer des images représentant un petit garçon dans une posture à chaque fois différente. Puis il s'agit de désigner les postures du petit garçon. Enfin, une épreuve de mimes de ces postures est proposée. <i>Consigne de passation</i> Le patient doit appairer, désigner et mimer 8 postures. <i>Cotation</i> Chaque image correctement appairée rapportera 1 point, soit un résultat exprimé sur 8 points.	Epreuve « Visuo Modèles Posture » <i>Description</i> L'épreuve consiste à appairer l'image cible avec une des huit images proposées. Les images représentent un bonhomme schématiquement dessiné dans des postures différentes. <i>Consigne de passation</i> Le patient doit appairer 15 figures. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera ainsi de 15 points à raison de 1 point par symétrique correctement désigné.
---	---

Epreuve de successions conventionnelles, extraite du Test des Aptitudes de l'Enfant en fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE <i>Description</i> Le patient devra appareiller des trains de 3 wagons de couleurs différentes. Puis des questions sur des notions de succession sont posées au patient, qui doit ensuite reconstituer les trois trains avec des wagons isolés. <i>Consigne de passation</i> Le patient doit appairer les trains. Après quelques questions au patient (où est le 1^{er} wagon ? le dernier ? celui du milieu ?) il devra reconstituer les trains à l'aide des wagons, avec ou sans aide visuelle, suivant ses difficultés. <i>Cotation</i> Les appareillages et reconstitutions seront notés chacun sur 3, à raison de 1 point par train correctement apparié ou reconstitué. Les réponses aux questions fourniront des indices qualitatifs pour la prise en charge.	Epreuve « Analyse Séries Couleurs » <i>Description</i> Le patient devra observer une série de 4 cubes uni- ou bicolores, et dire si un cube présenté faisait partie de cette série. <i>Consigne de passation</i> Le patient devra résoudre 10 items. Le temps de présentation du modèle est de 7 secondes. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 2, le total de points sera de 10 points à raison de 1 point par item.
--	--

Epreuve d'utilisation des notions spatiales à la structuration d'objets, extraite du Test des Aptitudes de l'Enfant en fin Grande Section de Maternelle ou à l'entrée au CP de DE MAISTRE <i>Description</i> Le patient doit reproduire une figure bicolore composée de 4 pièces uni-/bicolores. <i>Consigne de passation</i> 5 figures seront présentées au patient. Le thérapeute devra réaliser le modèle devant le patient et lui demander de le reproduire. L'épreuve se termine lorsque le patient juge que ce qu'il a fait est identique au modèle. <i>Cotation</i> Le total de points sera de 5 points, à raison de 1 point par figure correctement reconstituée.	Epreuve « Analyse Figures Formes » <i>Description</i> Le patient doit reproduire une figure bicolore de 4 pièces en un temps limité. Les paramètres, excepté le temps, sont sensiblement les mêmes que dans l'épreuve du Test des Aptitudes. Les images ne sont pas constituées de triangles ou carrés de couleur, mais sont plus détaillées et complexes. <i>Consigne de passation</i> Le patient devra reproduire l'image présentée avec quatre parties de celle-ci. Le temps de présentation de l'image est d'une seconde. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera de 15 points à raison de 1 point par figure correctement reconstituée.
---	--

Epreuve de positions dans l'espace, extraite du Test de Développement de la Perception Visuelle, de FROSTIG <i>Description</i> L'épreuve est en deux parties et permet de découvrir des inversions et des rotations à l'intérieur de séries de dessins schématisés représentant des objets usuels. <i>Consigne de passation</i> - Dans la première partie de l'épreuve il s'agit pour le patient d'observer la rangée d'images et de trouver l'intrus. - Dans la seconde partie de l'épreuve il s'agit de retrouver l'image cible parmi d'autres images. Huit rangées d'images seront proposées. <i>Cotation</i> Un point sera accordé par item réussi. Toute correction ou rectification entraînera la note 0. Le total de point sera donc de 8 points.	Epreuve « Visuo Intrus Signes » <i>Description</i> La première épreuve consiste à trouver la forme différant des autres de par son orientation mais aussi par sa taille, dans une série de 4 images. <i>Consigne de passation</i> Quinze séries d'items seront proposées au patient. Il devra désigner un intrus. dans chacune. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera de 15 points, à raison de 1 point par item réussi. Toute correction ou rectification entraînera la note 0. Epreuve Visuo Modèle Objet <i>Description</i> La seconde épreuve consiste à observer une image cible et à la repérer dans une série d'images. Cette épreuve diffère de celle du FROSTIG de par la présence de couleurs pouvant largement avantager le patient dans son choix de l'image. <i>Consigne de passation</i> Quinze items seront proposés au patient. <i>Cotation</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera de 15 points, à raison de 1 point par item réussi.
--	--

Reversal Test ou Test des Figures Inversées de EDFELDT <i>Description :</i> L'épreuve consiste à éliminer deux figures lorsqu'elles ne sont pas identiques et ne forment donc pas une paire. Les notions de symétrie selon l'axe vertical ou l'axe horizontal sont en jeu. Cette épreuve ne sera présentée qu'aux enfants ayant un niveau supérieur ou égal au niveau CP. <i>Consigne de passation :</i> Le patient devra barrer les figures lorsqu'elles ne vont pas bien ensemble/ne sont pas "pareil". <i>Cotation :</i> Le nombre d'erreurs total est calculé sur les 84 paires de dessins. Une analyse sera également réalisée selon le type d'erreurs (oublis, barrages excessifs, erreurs sur la symétrie à axe horizontal, vertical..).	Epreuve « analyse symétrie horizontale » <i>Description :</i> Le patient devra choisir la figure symétrique à la figure proposée parmi 4 figures. La notion de symétrie sera appliquée sur un axe horizontal. <i>Consigne de passation :</i> Parmi plusieurs figures, le patient doit trouver le symétrique de la figure proposée. <i>Cotation :</i> Le niveau choisi étant le niveau 3, le total de points sera de 15 points, à raison de 1 point par item réussi. Epreuve analyse symétrie verticale L'épreuve est la même que la précédente, mais les notions de symétrie sont appliquées sur un axe vertical. Ces épreuves ne seront présentées qu'aux enfants ayant un niveau supérieur ou égal au niveau CP.
--	--

TROISIEME PARTIE

RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS DE MAR.

1. EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES

Epreuves des mosaïques de BOREL-MAISONNY

BILAN INITIAL

MAR. complète correctement deux mosaïques sur sept.

- En effet elle éprouve des difficultés à repérer le découpage de la figure et donc à trouver l'image dont les lignes poursuivent bien celles du motif. Par exemple, dans la troisième mosaïque MAR. reconnaît bien le bon motif mais pas n'a pas le bon découpage : elle perçoit bien la forme, mais non la taille.
- De même la densité des lignes (nombre de lignes par unité de surface) pose souvent problème, et MAR. ne discerne pas bien les différentes pastilles soumises à ce critère. Par exemple, dans la quatrième mosaïque MAR. perçoit bien la forme du motif mais non le nombre de lignes qui le composent, ni leur orientation.
- Quant à la sixième mosaïque, MAR. ne perçoit ni la grandeur ni la disposition car elle désigne un motif erroné.
- Enfin pour les deux dernières mosaïques, MAR. ne perçoit ni l'orientation, ni la taille (pour les deux dernières mosaïques), ni le nombre de lignes (pour la dernière mosaïque).

En conclusion on pourra noter des difficultés :

- *d'orientation des lignes,*
- *de suivi de lignes,*
- *de densité.*

Cependant MAR. possède une bonne perception fine, ainsi qu'une bonne capacité d'observation de la forme.

De plus MAR. a une bonne perception de la direction des lignes avec une discrimination des droites parallèles et non parallèles dans la cinquième mosaïque.

BILAN FINAL

MAR. complète correctement trois mosaïques sur les sept proposées.

- On note donc une légère amélioration. En effet MAR. chute à la deuxième mosaïque alors qu'au bilan initial elle l'avait correctement complétée. Il s'agit d'une difficulté d'analyse fine du motif. On peut se demander si au bilan initial le résultat était lié au hasard, ou bien si une difficulté d'attention est à l'origine de l'erreur.

En revanche MAR. complète correctement deux mosaïques de plus que la première fois. La troisième, avec une difficulté initiale dans le découpage du motif, est correctement réalisée ainsi que la quatrième qui exige une rotation mentale du motif servant à compléter la mosaïque. *Ainsi les difficultés de MAR. portent encore sur l'analyse de l'orientation et de la densité des lignes.*

Epreuves des planches BINET-SIMON du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- MAR. apparie correctement chaque image avec son homologue.
- Lorsque nous lui demandons d'expliquer comment fait à chaque fois le petit garçon, elle mime la posture de ce dernier. Quand nous lui précisons d'expliquer avec des mots, MAR. se trouve gênée et éprouve des difficultés à exprimer sa pensée. Elle dit alors pour chaque posture, et sans amorce de notre part, une expression imagée.

Pour chaque image voici les expressions utilisées pour les décrire :

Sur la planche I :

- I.1. il fait l'oiseau
- I.2. il fait la planche
- I.3. il fait deux portes
- I.4. il fait un escalier

Sur la planche II :

- II.1. il tend le bras gauche
- II.2. il tend le bras droit
- II.3. il fait une porte
- II.4. il fait une vague avec le bras.

Ce n'est que pour les images II.1 et II.2 que MAR. décrit le petit garçon en utilisant des marqueurs spatiaux (« gauche » et « droite »). On pourrait expliquer cela en remarquant que le petit garçon se trouve de dos, donc dans le même sens que MAR. avec la même gauche et la même droite, et non en miroir comme les autres garçons qui se trouvent de face ou de profil. Ceci facilite sans doute la description pour MAR.

- MAR. mime correctement tous les personnages.
- MAR. désigne correctement le petit garçon lorsqu'on lui décrit sa posture ; sa compréhension des marqueurs spatiaux est donc bonne.

BILAN FINAL

Lors du bilan final la différence avec cette épreuve se situe essentiellement au niveau du vocabulaire utilisé lors de la description de chaque posture du garçon. En effet MAR. n'utilise qu'une seule fois une expression imagée pour le décrire (« comme une vague »). On note des termes tels : « vers le sol, sa main droite, sa main gauche », malgré une confusion droite/gauche, que l'on retrouve lorsqu'elle mime les postures et les désigne. Ainsi ces termes ne sont pas encore maîtrisés ni en expression ni en compréhension chez MAR.

En conclusion, on peut remarquer que MAR. commence à pouvoir se décentrer de l'espace dans lequel elle se trouve, en utilisant de plus en plus de vrais marqueurs spatiaux, malgré une confusion de la droite et la gauche

Epreuve des successions conventionnelles du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- Lors de l'appareillage des trains MAR. ne commet aucune erreur. Elle fait correspondre chacun des trois trains avec son homologue.
- Lorsque nous lui demandons « qu'est-ce qui n'est pas pareil dans les trains ? Pourquoi tu ne peux pas mettre ce train-là sur celui-là ? Qu'est-ce qui n'est pas pareil ? » Elle répond: « parce que c'est pas les mêmes couleurs ». On en déduit donc qu'elle a prêté attention aux séries de couleurs.
- Lorsque nous demandons à MAR. de montrer le premier wagon, le dernier wagon et le wagon du milieu elle répond parfaitement.
- Lorsque nous lui demandons de montrer « où le wagon rouge est le dernier, le premier, celui du milieu ? » MAR. répond également correctement.
- Puis nous avons demandé à MAR. de reconstituer chacun des trains avec les wagons et la locomotive détachés. Elle s'exécute parfaitement.
- Nous lui demandons alors de montrer le wagon tout de suite après la locomotive. Elle montre le bon wagon. En effet, il n'y en a qu'un après la locomotive. Mais lorsque nous lui demandons de montrer le wagon immédiatement avant le wagon jaune (le wagon vert) elle montre le wagon immédiatement après (le wagon rouge). Nous prenons alors un autre train et demandons ce qu'elle a mis avant le wagon vert. Elle a donné la bonne réponse (le wagon rouge) car il n'y a rien après le wagon vert. Mais MAR. n'a fait aucune remarque par rapport à son erreur d'avant, elle ne fait sans doute pas de rapprochement.

Ainsi on peut remarquer que MAR. éprouve des difficultés de compréhension des termes « avant » et « après », et donc dans l'acquisition de l'axe spatio-temporel gauche/droite, ce qui pénaliserait sa lecture, car les wagons des trains sont disposés dans le sens de la lecture-écriture, de gauche à droite.

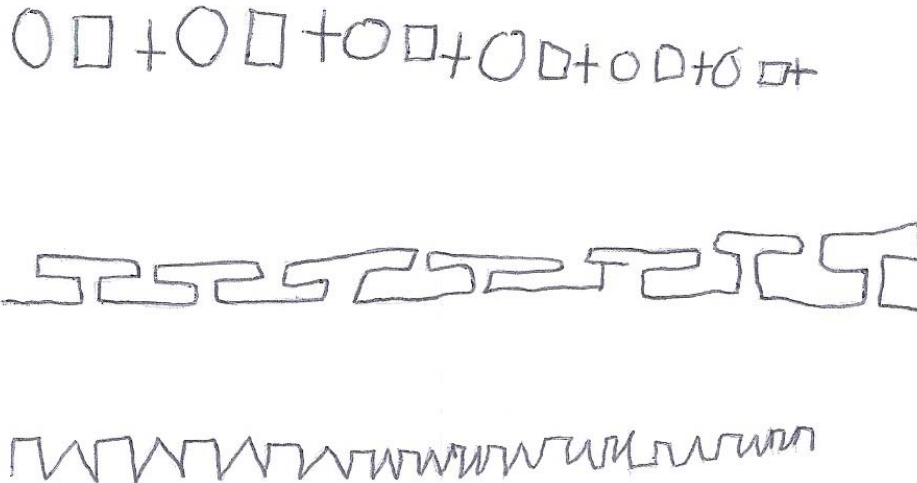
BILAN FINAL

MAR. réalise parfaitement cette épreuve dans son intégralité, en particulier en ce qui concerne la désignation du wagon avant, et du wagon après tel ou tel wagon. *Ces termes semblent maîtrisés.*

BILAN FINAL

MAR. réussit la première série aussi bien que lors du bilan initial. La deuxième série est réalisée avec quelques hésitations, mais l'alternance reste bien respectée. La troisième série est globalement bien réalisée, à l'exception d'une seule hésitation. *La séquentialité est ainsi bien mieux perçue et exprimée graphiquement que lors du bilan initial.*

FIG. 43 : Réalisation des séries de LURIA de MAR. au bilan final



Epreuve de positions dans l'espace du test FROSTIG

BILAN INITIAL

- Lors de la première épreuve - qui consiste à retrouver l'intrus parmi une série d'objets dessinés (en 2 ou 3 dimensions) - MAR. ne commet aucune erreur. Elle repère très facilement le dessin intrus.
- Dans la seconde épreuve - qui consiste à retrouver un dessin parmi plusieurs qui soit identique au modèle - elle ne commet également pas d'erreur. On remarque cependant un temps d'observation plus important, notamment pour le septième item représentant un ballon avec des motifs différents et orientés différemment parmi les dessins proposés.

On ne note donc pas de difficultés spécifiques à cette épreuve chez MAR.

BILAN FINAL

MAR. réalise cette épreuve aussi bien que lors du bilan initial, avec le même temps de latence accordé au septième item.

Epreuve du REVERSAL TEST

BILAN INITIAL

Il s'agit de déterminer si deux figures sont identiques ou non.

Chaque page contient 21 paires de figures, et l'épreuve comporte 4 pages.

MAR. commet :

- p. 1 : deux erreurs ; elle barre deux figures identiques et omet deux figures différentes,
- p. 2 : deux erreurs ; elle omet de barrer deux figures inversées dans le sens gauche-droite, à deux reprises,
- p. 3 : trois erreurs ; elle omet de barrer deux figures inversées dans le sens gauche-droite, à trois reprises,
- p. 4 : six erreurs ; elle omet de barrer deux figures inversées dans le sens gauche-droite, à six reprises.

MAR. effectue la totalité du test en 3 minutes et 13 secondes.

Selon la cotation MAR. se situe dans la moyenne par rapport à sa classe d'âge au niveau du nombre d'erreurs total (13 erreurs sur 84, soit 15,5% d'erreurs)

Cependant, parmi les 12 erreurs de MAR. 11 sont des erreurs de type gauche/droite, ce qui la situe au-dessous de la moyenne et de son écart-type.

Nous remarquons également tout au long de l'épreuve que MAR. commence bien à gauche de chaque ligne, va jusqu'au bout, et reprend à la ligne du dessous, sans jamais oublier une paire de figures (car elle dit tout haut : « pareil / pas pareil », pour chaque dessin)

Ainsi MAR. n'a pas oublié les figures mais les a bien considérées comme identiques.

On peut donc, au vu du nombre croissant d'erreurs par page, supposer une grande fatigabilité chez elle.

BILAN FINAL

MAR. commet sept erreurs en réalisant ce test en 2 minutes et 12 secondes. Elle commet donc six erreurs de moins que lors du bilan initial et gagne en rapidité (soit une minute et une seconde de moins par rapport au bilan initial), ce qui la situe au-dessus de la moyenne.

Mais, on peut constater que MAR. commet toujours le même type d'erreur : elle omet de barrer six figures inversées dans le sens gauche-droite. Cependant, MAR. ne se situe plus en-dessous de l'écart-type, mais entre la moyenne et celui-ci.

2. EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN

Epreuve « des mosaïques »

BILAN INITIAL

- En direct :

Il s'agit dans cette épreuve de compléter l'image avec la pastille adéquate. Il est à noter que l'enfant a l'image sous les yeux pour répondre à la question, contrairement à l'épreuve des mosaïques en différé.

- MAR. ne commet aucune erreur dans cette épreuve.

On note cependant que les couleurs l'aident beaucoup à trouver les solutions dans cette épreuve, contrairement à l'épreuve homologue réalisée auparavant dont les motifs sont en noir et blanc, et dont la reconnaissance des motifs est primordiale.

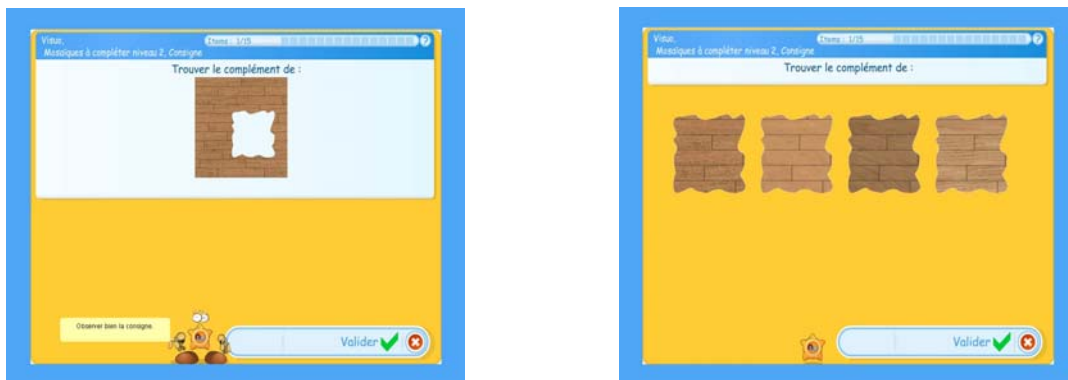
- En différé :

Cette épreuve diffère de la précédente de par le temps d'exposition à l'enfant de l'image à compléter : il s'agit là de 3 secondes d'exposition.

- MAR. commet 3 erreurs sur les 15 items, et obtient donc un score de 80% de réussite.

On notera qu'elle se trompe lorsque les pastilles proposées diffèrent peu par leur couleur, et quand il faut davantage observer la continuité et le nombre de lignes, voire les motifs formés par celles-ci. Comme par exemple avec une image de parquet à compléter.

FIG. 44 : Item des « mosaïques » auquel MAR. échoue au bilan initial



De plus la mémoire de travail de MAR. se trouve mise en jeu dans cette épreuve et la pénalise sans doute dans sa recherche.

Ainsi on retrouverait les mêmes difficultés que dans l'épreuve homologue tirée de BOREL-MAISONNY, mais on constate que MAR. s'aide des couleurs pour compenser ses difficultés.

BILAN FINAL

- En direct :

MAR. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100%.

- En différé :

MAR. commet 2 erreurs et obtient un score de 90%, soit une erreur de moins que lors du bilan initial.

MAR. éprouve cependant des difficultés du même type qu'à celui-ci, à savoir la continuité et la densité des lignes du motif à respecter.

Epreuve « visuo ribambelles formes »

BILAN INITIAL

MAR. commet deux erreurs dans cette épreuve reprenant l'épreuve de la série de LURIA, et obtient donc un score de 90% de réussite. Dans cette épreuve on ne teste pas uniquement les formes mais aussi les couleurs qui constituent un paramètre non-négligeable, qui influence MAR. et l'aide beaucoup.

- Une erreur est commise dans une série de trois couleurs qui peuvent être confondues (rouge-rose), ainsi MAR. doit davantage s'aider de l'alternance des formes.
- La seconde est commise dans une série faisant intervenir deux couleurs et dont les formes sont identiques. Au vu des autres séries réussies (alternance de deux couleurs et alternance de deux ou trois formes) seule l'étourderie pourrait expliquer cette erreur.

On note cependant que seule la série faisant intervenir trois couleurs et deux formes n'est pas réussie. Ainsi lorsque les couleurs deviennent plus nombreuses et appartenant au même panel, MAR. ne pourrait retenir leur ordre. Et comme elle ne s'appuie pas sur les formes pour compenser ce problème, on relève donc bien un appui sur les couleurs pour compenser sa difficulté à appréhender l'alternance des formes

BILAN FINAL

MAR. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100%. *On note donc une réelle amélioration des capacités d'appréhension de l'alternance des formes et des couleurs, qui coïncide probablement avec la meilleure réussite à l'épreuve des séries de LURIA.*

Epreuve « visuo modèles postures »

BILAN INITIAL

MAR. commet deux erreurs dans cette épreuve et obtient un score de 90% de réussite. Cette épreuve reprend l'épreuve des planches BINET-SIMON du test des aptitudes.

On note que les erreurs portent sur la notion de symétrie.

- En ce qui concerne la première erreur, elle inverse la position des bras et choisit l'image symétrique au modèle, et non l'identique. Elle ne voit pas tout de suite l'erreur, et je dois attirer son attention sur cette dernière.
- La seconde erreur porte sur la tête du bonhomme penchée d'un côté. MAR. montre le même bonhomme que le modèle, mais qui ne penche pas la tête. On pensera alors à l'oubli d'un détail ou à une incapacité à choisir de quel côté penche la tête du bonhomme parmi les images proposées

Pendant cette épreuve elle mime beaucoup les postures du bonhomme pour s'aider mais n'utilise jamais des marqueurs spatiaux ou des parties du corps.

On retrouve donc les mêmes observations que dans l'épreuve homologue du matériel classique, mais les détails des postures étant plus nombreux, cette épreuve nous permet une analyse un peu plus fine des difficultés de MAR. qui portent davantage sur ces détails.

BILAN FINAL

MAR. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100% de réussite. *On note donc une amélioration des capacités d'analyse fine du modèle (MAR. n'oublie aucune partie du corps du bonhomme), ainsi qu'une amélioration d'appréhension de la notion de droite et de gauche. MAR.. ne confond plus dans cette épreuve un bonhomme qui tend le bras gauche avec celui qui tend le bras droit. Ainsi la différence entre la droite et la gauche semble être mieux perçue que lors du bilan initial.*

Epreuve « analyse séries couleurs »

BILAN INITIAL

MAR. commet beaucoup d'erreurs dans cette épreuve, et ne la réussit qu'à 60%.

Il s'agit d'observer, tout comme dans son épreuve homologue des successions conventionnelles, une série de 4 carrés unis ou bicolores et de couleurs différentes pendant 7 secondes, puis d'affirmer ou infirmer la présence d'un carré dans cette série. Elle commet 4 erreurs dans cette épreuve, notamment lorsqu'il s'agit de retenir des carrés bicolores.

FIG. 45 : Exemple d'item d' « analyse séries couleurs » auquel MAR. échoue au bilan initial



En effet l'ordre des wagons dans l'épreuve des successions conventionnelles n'est pas retenu de façon stratégique (de gauche à droite) mais est retenu davantage globalement. Ici le nombre de carrés unis étant déjà supérieur au nombre de wagons, la tâche se complique grandement lorsqu'elle doit mémoriser les carrés bicolores, qui multiplient parfois le nombre de couleurs à retenir par deux (soit 8 couleurs).

Ainsi MAR. tente de mémoriser les couleurs en les énonçant à haute voix, mais sans succès. Elle met ainsi en jeu la boucle phonologique pour suppléer à la mémoire visuelle. L'empan de sa mémoire visuelle serait donc insuffisant pour réussir pleinement cette épreuve.

BILAN FINAL

MAR. commet une seule erreur à cette épreuve, et obtient un score de 90% (le niveau de difficulté étant le niveau 2 qui contient 10 items). MAR. réussit donc mieux cette épreuve que lors du bilan initial. *MAR. développe des stratégies de repérage visuel: elle essaie de regrouper les carrés bleus, rouges, etc. afin de mieux les mémoriser ; elle essaie d'énoncer les couleurs à voix haute également.*

Epreuve « analyse figures formes »

BILAN INITIAL

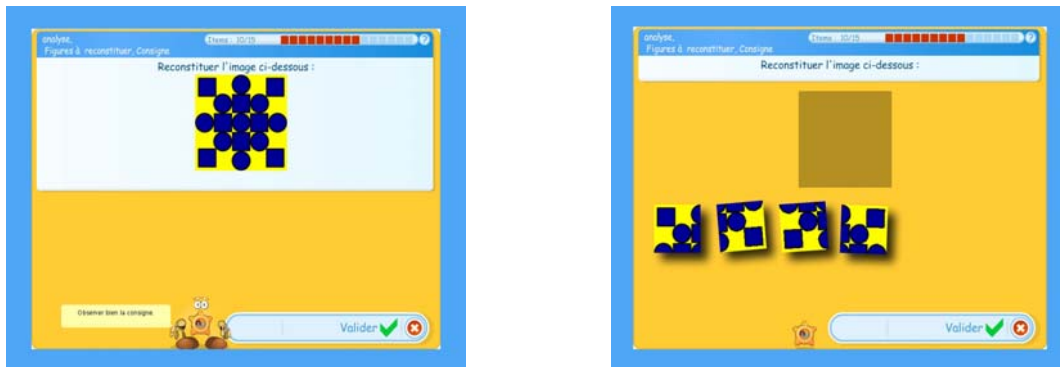
MAR. réussit bien cette épreuve et obtient 90%.

Il s'agit d'observer une figure composée de quatre parties et de deux couleurs pendant 3 secondes et de la reconstituer.

Les deux erreurs commises concernent cependant des notions particulières :

- En effet elle échoue devant une image composée de petits détails

FIG .46 : Exemple d'image d' « analyse figures formes » auquel MAR. échoue au bilan initial



On remettrait donc en question sa capacité de discrimination fine lorsqu'il s'agit de manipuler l'image sans le modèle.

- De plus elle a tendance à inverser les couleurs du motif, et à mettre le bleu à la place du jaune et inversement, tout en conservant le motif. Ainsi les couleurs peuvent l'induire en erreur en la faisant inverser la couleur du fond avec celle de la figure.

Ainsi on découvre de nouvelles difficultés par rapport à son épreuve homologue d'utilisation des notions spatiales pour structurer les objets à savoir la manipulation mentale des pièces du puzzle semble être bien plus problématique pour MAR. que la manipulation réelle des pièces.

BILAN FINAL

MAR. obtient 100% de réussite à cette épreuve. *MAR. a découvert des stratégies pour certaines figures difficiles à mémoriser.* Par exemple avec un motif différent dans chaque case soit quatre motifs différents, MAR. mémorise la forme de chacun, trouve une similitude entre certains, et mémorise ainsi leur emplacement.

Epreuves « visuo intrus signes » et « visuo modèles objets »

BILAN INITIAL

MAR. réussit parfaitement ces deux épreuves avec un score de 100% à chacune.

Dans les deux épreuves homologues extraites du matériel classique, MAR. ne commet qu'une seule erreur. On note donc de bonnes capacités à distinguer un intrus et à repérer l'item identique au modèle.

BILAN FINAL

MAR. réussit parfaitement ces deux épreuves comme lors du bilan initial.

Epreuve analyse symétrie horizontale

BILAN INITIAL

Cette épreuve consiste à retrouver le symétrique de la figure proposée avec un axe de symétrie vertical.

MAR. commet 8 erreurs sur les 15 items de cette épreuve, et obtient donc un score de 50%.

Nous avons pu remarquer des erreurs de deux types :

- soit elle ne parvient pas à trouver la figure symétrique, et éprouve des difficultés à la retourner mentalement pour la voir en miroir (souvent elle choisit la même figure que la figure modèle),
- soit elle parvient à trouver la bonne figure, mais laisse la figure du même côté de l'axe de symétrie que la figure modèle.

BILAN FINAL

MAR. commet deux erreurs à cette épreuve, avec un score de 90% de réussite. *On peut noter donc une réelle amélioration des capacités de rotation mentale, nécessaire pour appréhender la notion de symétrie. Les deux erreurs appartiennent chacune à un des deux mêmes types d'erreurs décrits précédemment, mais le total d'erreurs est bien moindre ce qui permet de constater une attention davantage soutenue, une meilleure compréhension et utilisation de la rotation mentale à effectuer afin de trouver le symétrique d'une figure.*

Epreuve analyse symétrie verticale

BILAN INITIAL

Cette épreuve consiste à retrouver le symétrique de la figure proposée avec un axe de symétrie horizontal.

MAR. commet 3 erreurs sur les 15 items, et obtient donc un score de 75%. *Elle éprouve les mêmes difficultés que dans l'épreuve « analyse symétrie horizontale », car elle commet les deux mêmes types d'erreurs, mais le sens haut-bas semble lui poser moins de difficultés.*

BILAN FINAL

MAR. ne commet aucune erreur à cette épreuve et obtient un score de 100%.

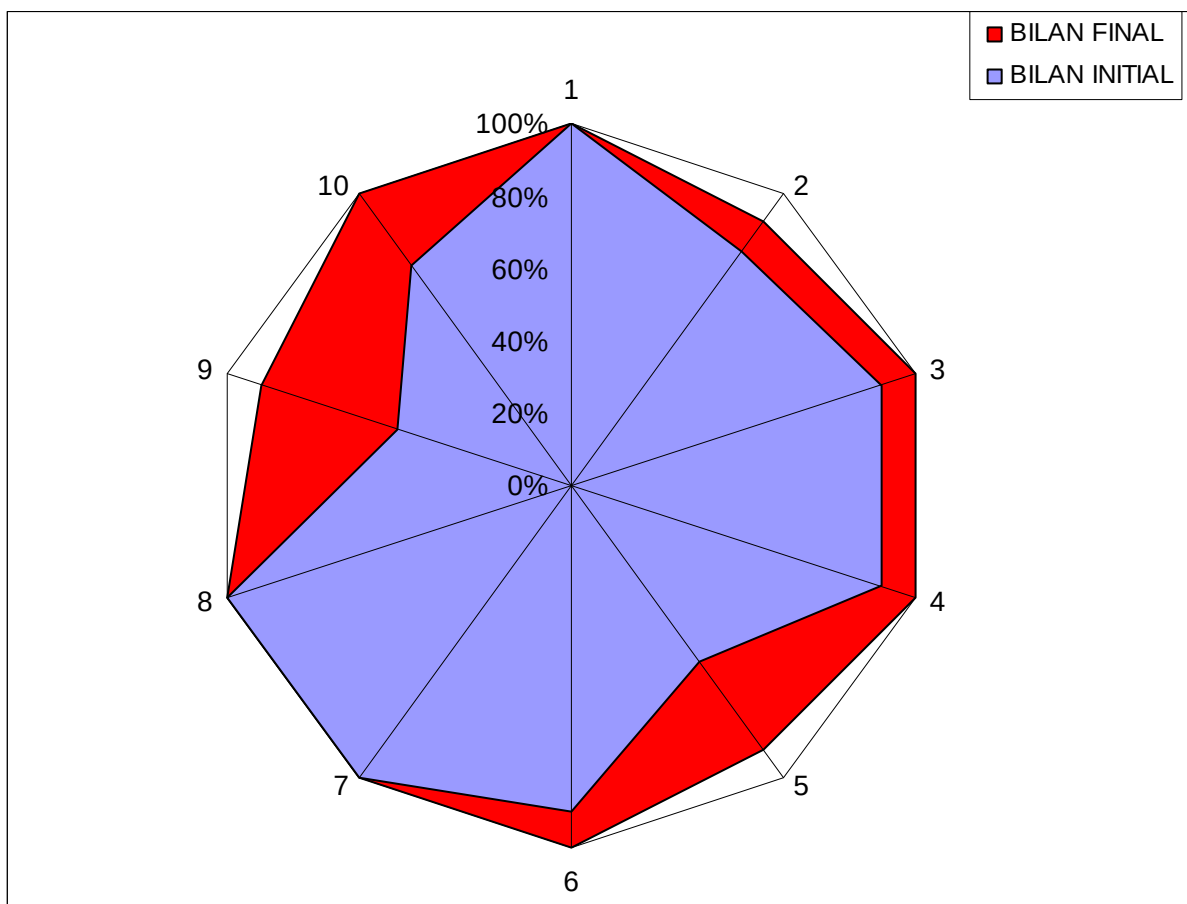
En conclusion de ces deux épreuves on peut noter une absence de confusion haut-bas, par rapport à de plus nombreuses confusions droite-gauche, qui ont vu leur nombre toutefois diminuer, comme lors de l'épreuve du REVERSAL TEST.

3. RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ MAR.

TAB. 08 : Résultats de MAR. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final

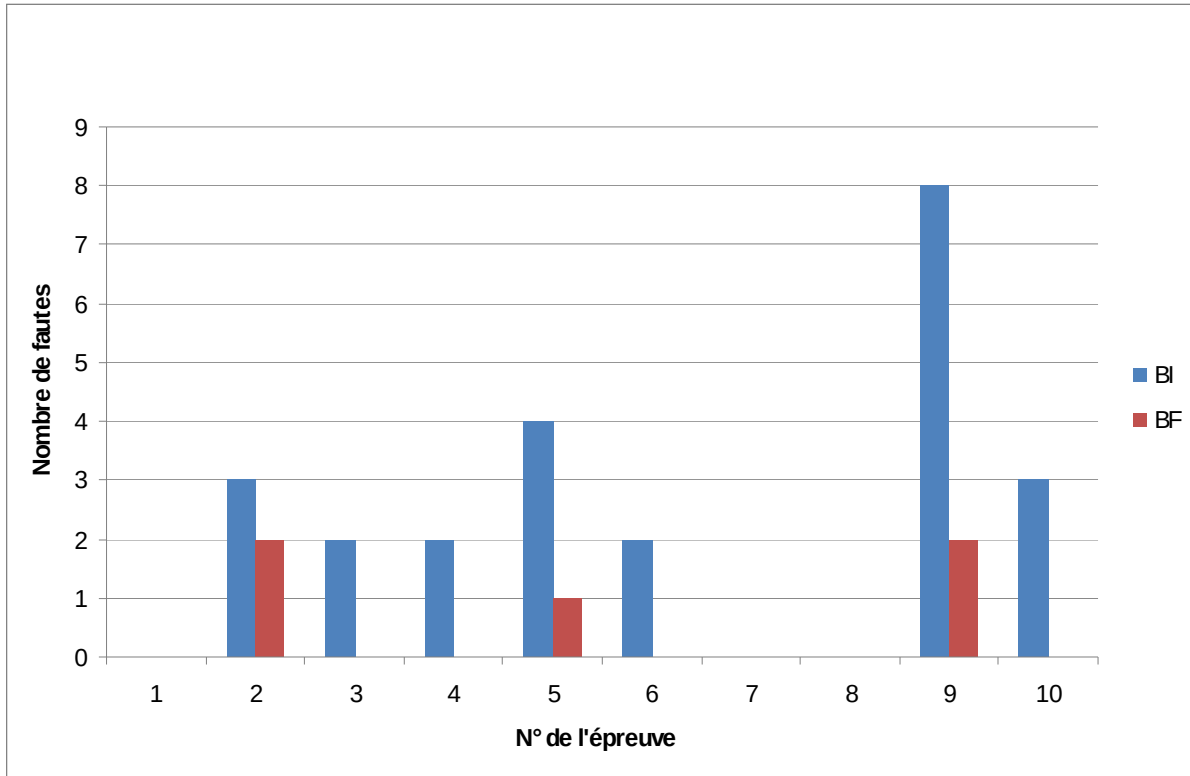
Numéro	Epreuves	BI	BF
1	Mosaïques (en direct)	100%	100%
2	Mosaïques (en différé)	80%	90%
3	Visuo ribambelles formes	90%	100%
4	Visuo modèles postures	90%	100%
5	Analyse séries couleurs	60%	90%
6	Analyse figures formes	90%	100%
7	Visuo intrus signes	100%	100%
8	Visuo modèles objets	100%	100%
9	Analyse symétrie horizontale	50%	90%
10	Analyse symétrie verticale	75%	100%

FIG. 47 : Représentation des résultats de MAR. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final



La représentation des résultats précédente décrit les scores obtenus par MAR. en termes de réussites. La représentation suivante les décrit, elle, en termes d'erreurs.

FIG. 48 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour MAR.



Nous pouvons remarquer tout d'abord une amélioration des scores pour l'ensemble des épreuves.

- Ainsi, les épreuves 3, 4, 6 et 10 ont été parfaitement réussies (100%) lors du bilan final, alors que celles-ci ne l'étaient pas lors du bilan initial (les scores étant respectivement : 90%, 90%, 80 et 75%).
- Pour les épreuves 2, 5 et 9, une amélioration est également remarquée, respectivement de 10, 30 et 40%.
- Les seules épreuves dont les scores n'ont pas augmenté étant celles dont le score au bilan initial était au maximum (100%) et pour lesquelles on retrouve ce score lors du bilan final. Cela étant le cas pour les épreuves 1, 7 et 8.

Nous pouvons donc déduire une efficacité du travail sur le logiciel qui a permis une nette progression des résultats aux exercices du logiciel ayant servi d'épreuves lors des bilans initial et final.

Ainsi on peut supposer une nette amélioration des capacités de :

- *mémoire visuelle immédiate,*
- *discrimination visuelle fine,*
- *balayage visuel,*
- *visuo-construction,*
- *rotation mentale,*
- *d'appréhension de l'alternance des motifs,*
- *d'orientation.*

Cependant nous ne voyons ici que les résultats aux exercices extraits du logiciel. Il est également intéressant de voir si des progrès sont réalisés aux épreuves classiques des bilans, ce qui permettrait de prouver une généralisation des connaissances acquises au fur et à mesure de la rééducation sur le logiciel.

D'après le bilan de MAR. certaines épreuves classiques sont également mieux réussies lors du bilan final, à savoir :

- les mosaïques de BOREL-MAISONNY sont mieux complétées (trois sur huit au bilan initial, et quatre sur huit au bilan final),
- les planches BINET SIMON, qui montrent une meilleure utilisation des marqueurs spatiaux, malgré une confusion de la gauche et de la droite,
- les successions conventionnelles, lors desquelles les termes « avant », « après » (correspondant l'axe spatio-temporel et donc au sens de lecture gauche-droite) sont maîtrisés,
- les séries de LURIA, où la séquentialité est mieux exprimée lors de la réalisation graphique du bilan final,
- le Reversal Test, avec 5 erreurs de moins au bilan final par rapport au bilan initial et une fatigabilité moindre, ainsi qu'une meilleure capacité d'analyse des figures.

Les trois autres épreuves, à savoir les deux épreuves de positions dans l'espace, extraite du Test de Développement de la Perception Visuelle, de FROSTIG, et l'épreuve de notions spatiales à la structuration d'objets du Test des Aptitudes sont aussi parfaitement réussies lors du bilan initial que lors du bilan final.

En conclusion, on note chez MAR. des progrès aussi bien lors des épreuves classiques que lors des épreuves extraites du logiciel. *Ainsi la rééducation effectuée via ce dernier semble avoir permis de tels progrès que ceux-ci se sont répercutés sur d'autres supports.*

4. EVOLUTION DES RESULTATS DE MAR. AU FIL DES SEANCES

Voici maintenant un tableau récapitulatif des résultats de MAR. au fur et à mesure des séances, regroupés selon la nature de l'exercice.

Les niveaux apparaissent toujours par ordre de difficulté croissant.

Les scores au bilan initial et final sont également répertoriés pour les exercices ayant joué le rôle d'épreuves lors de l'évaluation. Certains exercices n'appartiennent pas aux épreuves des bilans, mais permettent de généraliser une notion à l'aide d'items de nature différente. Ainsi par exemple les exercices « analyse séries lettres » et « analyse séries chiffres » approfondissent l'exercice ayant servi d'épreuve, à savoir « analyse séries couleurs ».

Il est également à noter que le niveau supérieur est accessible même si l'enfant n'a pas réussi le niveau précédent à 100%. En effet, parfois l'enfant stagne à un niveau, mais il est tout de même intéressant de voir son score au niveau supérieur.

TAB. 09 : Evolution des résultats de MAR.

EXERCICES	NIVEAUX	SCORES DES SEANCES (en %)	SCORES DES BILANS INITIAL ET FINAL (en %)	
			BI	BF
« Analyse figures formes »	Niveau 1	100	90	100
	Niveau 2	90		
	Niveau 3	95		
		100 100		
« Analyse séries couleurs »	Niveau 1	80	60	90
	Niveau 2	70		
		70		
		80		
	Niveau 3	80		
« Analyse séries lettres »	Niveau 1	100		
	Niveau 2	80		
		90		
		100		
		80		
	Niveau 3	95		
« Analyse séries chiffres »	Niveau 1	100		
	Niveau 2	70		
		90		
		80		
	Niveau 3	80		
		80 90		

« Analyse symétrie horizontale »	Niveau 1	100	50	90
	Niveau 2	80 100		
	Niveau 3	100		
« Analyse symétrie verticale »	Niveau 1	100	75	100
	Niveau 2	100 100		
	Niveau 3	70 95		
« Association logique formes »	Niveau 1	100		
	Niveau 2	80		
	Niveau 3	100		
« Mosaïques en différé »	Niveau 1	100	80	90
	Niveau 2	100		
	Niveau 3	95 100		

Les graphes suivants reprennent ce tableau d'une part pour chacun des exercices du logiciel pour lesquels MAR. éprouve des difficultés, d'autre part en fournissant une vue d'ensemble de l'évolution des résultats de MAR. à tous ces exercices.

Les signes codés présents dans ces graphes signifient :

BI : Bilan Initial

BF : Bilan Final

S1: Série1, qui correspond à la première réalisation de l'exercice par l'enfant à tel ou tel niveau (les niveaux étant explicités par couleurs).

S2, S3 et S4 correspondent respectivement aux deuxième, troisième et quatrième réalisations de l'exercice par l'enfant.

FIG. 49: «Analyse figures formes»

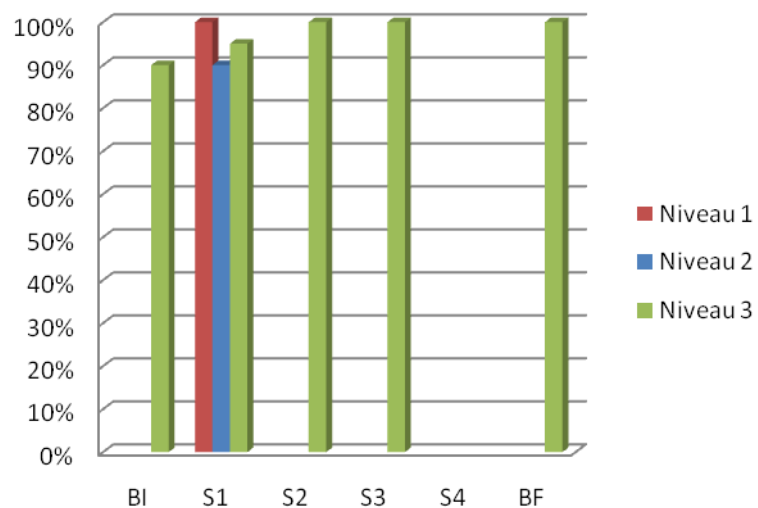


FIG. 50: «Analyse séries couleurs»

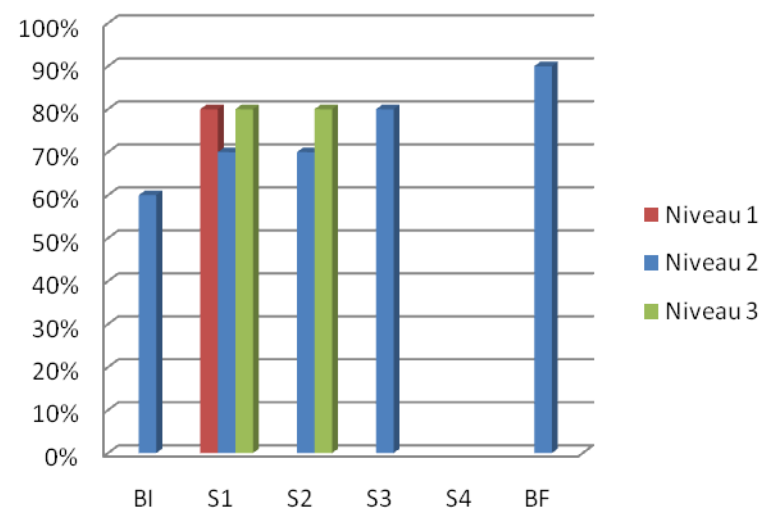


FIG. 51: «Analyse séries lettres»

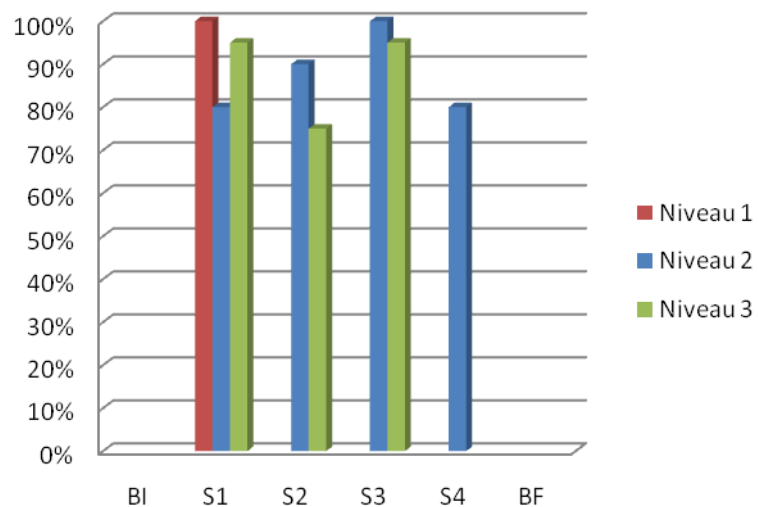


FIG. 52: «Analyse séries chiffres»

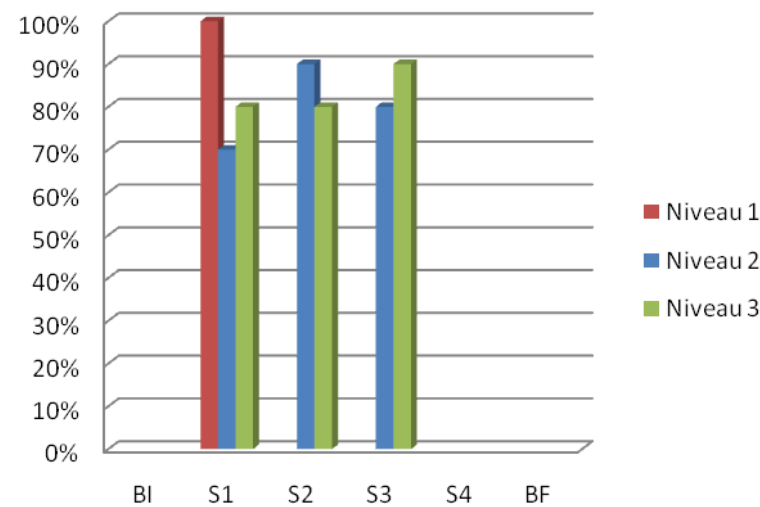


FIG. 53: «Analyse symétrie horizontale»

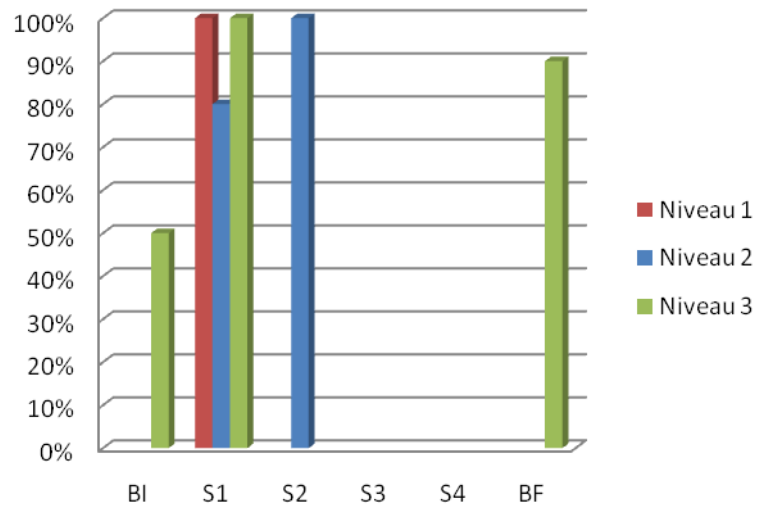


FIG. 54: «Analyse symétrie verticale»

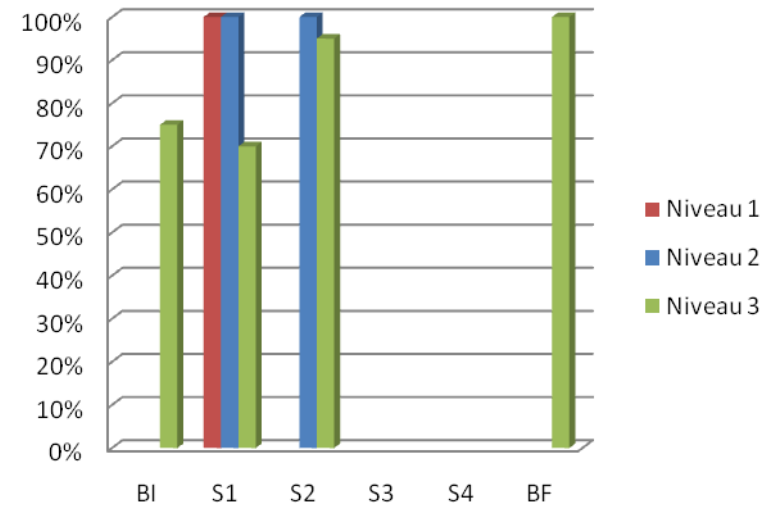


FIG. 55: «Association logique formes»

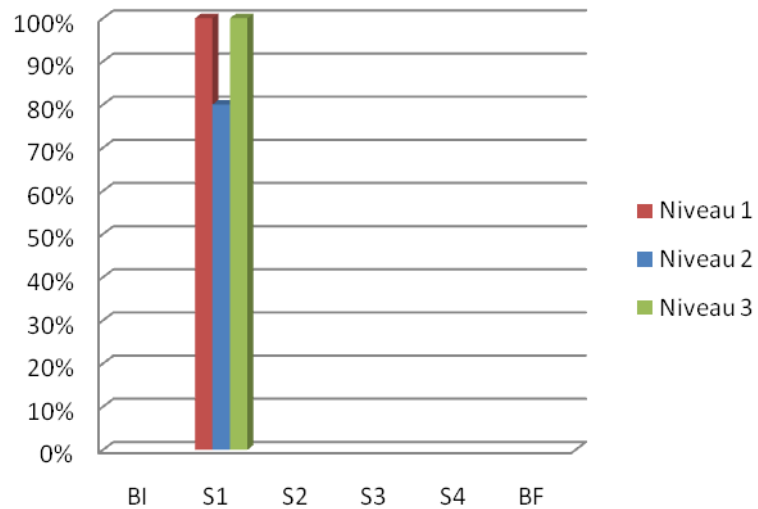
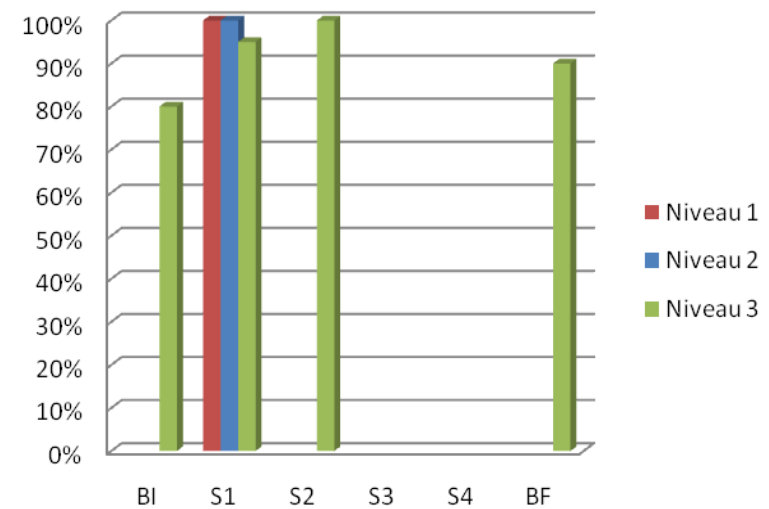
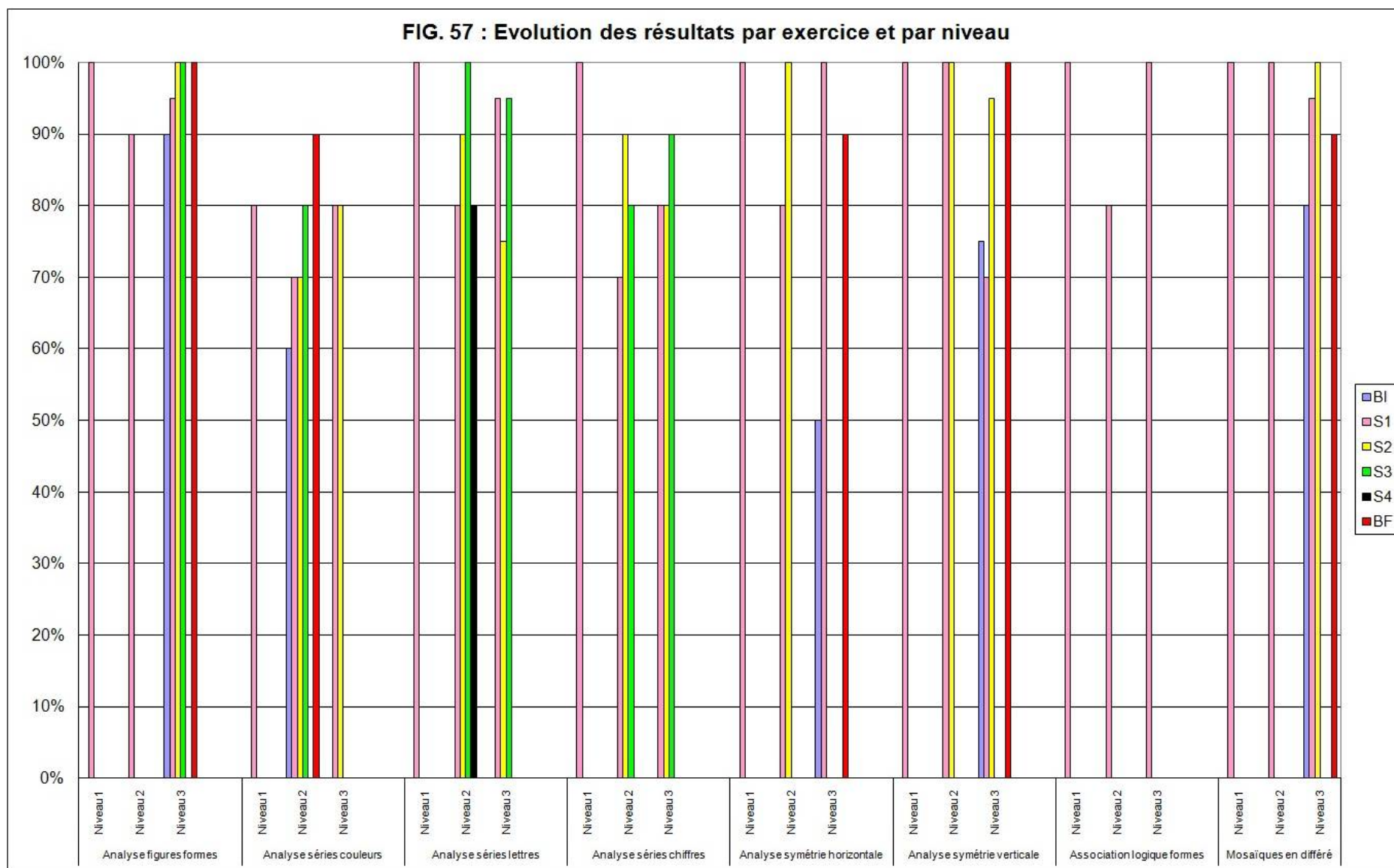


FIG. 56: «Mosaïques en différé»





- D'après ces graphiques, on peut constater une amélioration progressive des résultats lors de la rééducation pour les exercices suivants :
 - « Analyse figures formes »,
 - « Analyse séries couleurs »,
 - « Analyse symétrie horizontale »,
 - « Analyse symétrie verticale »,
 - « Association logique formes »,
 - « Mosaïques en différé ».
- Ainsi les résultats de ces six exercices sur les huit proposés montrent une amélioration progressive : les résultats augmentent au sein de chaque niveau de l'exercice.
- Pour les deux autres exercices (« Analyse séries lettres » et « Analyse séries chiffres ») on note deux baisses des résultats pour l'un (en S2 niveau 3 et en S4 niveau 2) et une baisse des résultats pour l'autre (en S3 niveau 2) au sein de la rééducation, qui rompent l'évolution, par ailleurs globalement favorable, des résultats.
- De plus, on note une légère baisse lors du bilan final par rapport aux scores obtenus lors de la rééducation pour deux exercices :
 - « Analyse symétrie horizontale » : 90% au bilan final, alors qu'un score de 100% avait été obtenu lors de la rééducation,
 - « Mosaïques en différé » : 90% au bilan final, alors qu'un score de 100% avait été obtenu lors de la rééducation.

Cependant, ces deux exercices restent largement réussis, notamment par rapport aux scores du bilan initial. Ainsi, on peut supposer la présence d'un éventuel stress chez l'enfant le jour du bilan final, qui serait responsable de ces scores.

En conclusion, on constate des améliorations progressives présentes en majorité, qui aboutissent dans tous les cas à des scores au bilan final nettement plus élevés que lors du bilan initial. On note également des scores plus élevés aux épreuves classiques.

En somme, la rééducation via le logiciel aurait porté ses fruits chez MAR. non seulement au sein du logiciel lui-même, mais également lors des épreuves classiques.

II. RESULTATS DE GAB.

1. EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES

Epreuve des mosaïques de BOREL-MAISONNY

BILAN INITIAL

GAB. complète correctement trois mosaïques sur sept.

- Il éprouve tout d'abord des difficultés à repérer la forme et la grandeur du motif à compléter.
- De même la disposition pose également problème à GAB.
- Enfin pour les deux dernières mosaïques, GAB. ne perçoit pas l'orientation pour la septième, ni le nombre de lignes et les directions de celles-ci pour la huitième mosaïque.

En conclusion on pourra noter des difficultés de repérage de :

- *forme et de grandeur,*
- *disposition,*
- *d'orientation des lignes,*
- *de densité.*

Cependant GAB. possède une bonne perception fine, la grandeur et l'orientation sont parfois repérées, ainsi que la reconnaissance des directions. En revanche l'accumulation de ces critères sur le même motif dérouté GAB. qui échoue pour compléter les dernières mosaïques.

BILAN FINAL

GAB. complète correctement trois mosaïques sur les sept proposées.

- On ne note donc aucun progrès ni aucune régression. En effet GAB. chute quasiment aux mêmes mosaïques que lors du bilan initial. Il réussit en effet une mosaïque à laquelle il avait échoué où la forme, la grandeur et la disposition entrent en jeu, mais échoue à une mosaïque à laquelle il avait correctement répondu lors du bilan initial où il devait reconnaître les directions des lignes du motif.

On peut donc constater que les difficultés apparaissent de façon plus sûre aux deux dernières mosaïques, où les critères à observer sont multiples et où l'attention entre en jeu pour compléter correctement le motif. Ainsi l'attention et la gestion de plusieurs critères sont encore fragiles chez GAB.

Epreuves des planches BINET-SIMON du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- GAB. apparie correctement chaque image avec son homologue.
- Lorsque nous lui demandons d'expliquer dans quelle posture se trouve le petit garçon, GAB. mime, comme MAR., mais en donnant davantage d'explications.

Pour chaque image voici les expressions utilisées pour décrire les postures du petit garçon :

Sur la planche I :

- I.1. il a les bras en haut et écartés
- I.2. il a les bras serrés contre lui
- I.3. il a les bras tout droits
- I.4. il a un bras comme ça.

Sur la planche II :

- II.1. il a le bras droit comme ça, ah non ! le bras gauche comme ça.
- II.2. il a le bras droit comme ça.
- II.3. il a un bras tout droit
- II.4. il a les mains dans le dos en rond.

Il est à noter que lorsque GAB. emploie les termes « comme ça », je le sollicite pour qu'il explique avec des mots, mais il n'a pu s'exécuter.

On constate que GAB. utilise plusieurs marqueurs spatiaux : « en haut », « tout droit », « à gauche », « à droite », même si ces deux derniers sont sujets à quelques hésitations. GAB. n'utilise par ailleurs qu'une seule expression imagée (II.4).

- GAB. commet deux erreurs dans les mimes des postures : il ne se met pas de profil pour l'un, et oublie de tendre le bras pour l'autre. *On peut éventuellement suspecter un manque d'attention.*
- GAB. désigne les personnages correctement (« montre celui qui a les bras vers le haut », etc.), *ce qui prouve qu'il a une bonne compréhension des termes spatiaux.*

BILAN FINAL

Lors du bilan final la différence à cette épreuve se situe essentiellement au niveau du vocabulaire utilisé lors de la description de chaque posture du garçon. En effet GAB. utilise de nombreux marqueurs spatiaux :

- I.1. il a les deux bras en hauteur.
- I.2. il a les mains vers le bas.
- I.3. il a les deux bras droits.
- I.4. il a un bras en l'air, le bras droit, et l'autre vers le bas.

- II.1. il a le bras droit vers le bas et le bras gauche au milieu.
- II.2. il a le bras droit au milieu et le bras gauche qui va vers le bas.
- II.3. il a la main droite au milieu.
- II. 4. il a la main gauche vers le bas et qui est un peu tournée.

Ainsi, GAB. semble avoir à sa disposition des marqueurs spatiaux appropriés aux postures du petit garçon, qui lui permettent de mieux décrire celui-ci, notamment par rapport au bilan initial. Les autres parties de l'épreuve ont été aussi bien réussies que lors du bilan initial.

Epreuve des successions conventionnelles du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- GAB. apparie les trains convenablement et on ne note aucune difficulté.
- Lorsque nous lui demandons « qu'est-ce qui n'est pas pareil dans les trains ? Pourquoi tu ne peux pas mettre ce train-là avec celui-là ? Qu'est-ce qui n'est pas pareil ? » GAB. ne sait répondre précisément : « il faut un trait comme ça (vertical) avec ça (les trois couleurs), et un trait comme ça (horizontal) avec ça (les 3 couleurs) », pour mettre en évidence les trois couleurs différentes.
Quand je lui demande de préciser il me dit : « il faut pas deux rouges dans un train ». *Ainsi on peut déduire que GAB. a prêté attention à l'alternance des couleurs, malgré une difficulté à l'exprimer.*
- GAB. a parfaitement désigné le premier wagon, le dernier wagon et le wagon du milieu.
- GAB. a également correctement désigné le dernier wagon, le premier wagon et celui du milieu.
- Lorsque nous avons demandé à GAB. de reconstituer chacun des trains avec les wagons et la locomotive détachés, il a omis la locomotive pour le premier train. Il a correctement reconstitué les deux autres trains. Nous avons également noté une erreur de compréhension : GAB. nous a demandé où il fallait qu'il reconstitue le train. A notre réponse : « sous le modèle », GAB. a soulevé le modèle et y a glissé le train reconstitué. Ainsi le terme « sous », peut être ambigu dans l'espace, et l'acte de GAB. nous montre bien cette difficulté d'interprétation.
- GAB. n'a aucune difficulté à nous désigner le wagon immédiatement avant ou après tel ou tel wagon.
- GAB. reconstitue chaque train sur description orale des couleurs des wagons, *ce qui prouve une bonne mémoire auditivo-verbale.*

GAB. réussit bien cette épreuve, malgré l'oubli de la locomotive. Cependant, on note une difficulté à exprimer l'alternance des couleurs.

BILAN FINAL

A la question « qu'est-ce qui n'est pas pareil dans les trains ? », GAB. répond : « il y a trois couleurs ». Ce qui indique davantage une éventuelle alternance de trois couleurs différentes. GAB. répond correctement aux autres questions.

Epreuve de notions spatiales à la structuration d'objets du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- GAB. réussit parfaitement cette épreuve, en réalisant les cinq figures composées de carrés unis ou bicolores que nous constituons devant lui. GAB. possède une bonne perception du modèle et réalise les quatre premières mosaïques sans aucune difficulté. A la dernière mosaïque, GAB. hésite en mettant les deux dernières pièces.
- De plus il est sûr de lui lorsque nous lui demandons si, une fois sa figure terminée, celle-ci est identique au modèle.

On ne note donc pas de difficultés spécifiques à cette épreuve chez GAB.

BILAN FINAL

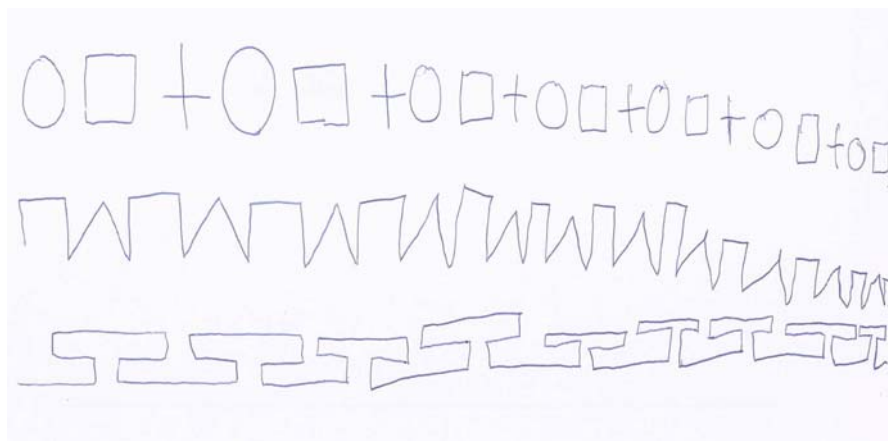
GAB. réalise cette épreuve sans difficulté aucune, comme lors du bilan initial.

Epreuve des séries de LURIA

BILAN INITIAL

GAB. complète parfaitement les trois séries. L'alternance des motifs étant bien retranscrite, on ne relève aucune erreur ou hésitation

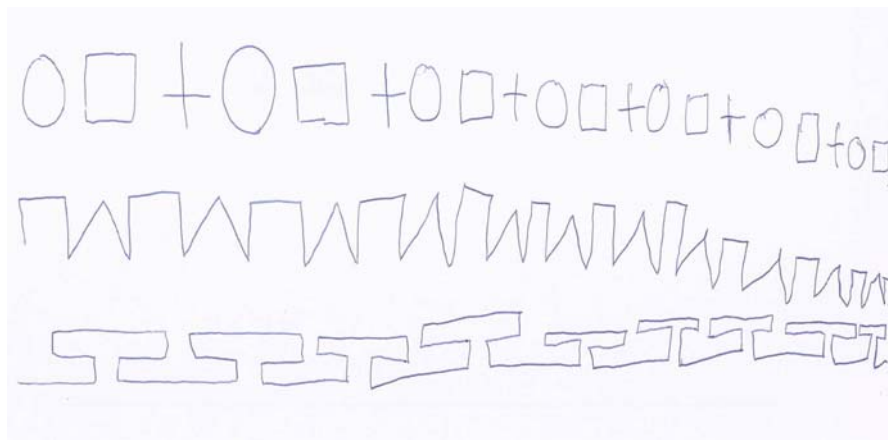
FIG. 58 : Réalisation des séries de LURIA de GAB. au bilan initial



BILAN FINAL

GAB. réussit aussi bien cette épreuve que lors du bilan initial.

FIG. 59 : Réalisation des séries de LURIA de GAB. au bilan final



Epreuves de positions dans l'espace du test FROSTIG

BILAN INITIAL

- Lors de la première épreuve - qui consiste à retrouver l'intrus parmi une série d'objets dessinés (en 2 ou 3 dimensions) - GAB. ne commet aucune erreur.
- En ce qui concerne la seconde épreuve - qui consiste à retrouver un dessin parmi plusieurs qui soit identique au modèle – GAB. commet une erreur au 3^e item, auquel un ballon avec différents motifs doit être retrouvé parmi plusieurs. Il faut effectuer une rotation mentale du dit ballon pour le retrouver et GAB. choisit le ballon présenté dans le même sens, sans chercher à retrouver les bons motifs au bon endroit.

GAB. éprouverait donc des difficultés pour manipuler mentalement les objets et dessins.

BILAN FINAL

GAB. ne commet aucune erreur lors de ces deux épreuves, ce qui tendrait à prouver une amélioration des capacités de rotation et de manipulation mentale des motifs.

Epreuve du REVERSAL TEST

BILAN INITIAL

Il s'agit de déterminer si deux figures sont identiques ou non.

Chaque page contient 21 paires de figures, et l'épreuve comporte 4 pages.

A cette épreuve, GAB. néglige toujours, et ce sur les quatre pages, l'item de gauche sur une ligne. Ainsi la colonne de gauche sur chacune des pages n'a jamais été considérée, ce qui fait chuter considérablement le score.

Voici les erreurs par page :

- p.1 : GAB. commet 5 erreurs, dont quatre dues à l'omission systématique de la colonne de gauche,
- p. 2 : GAB. commet 10 erreurs, dont quatre dues à l'omission systématique de la colonne de gauche,
- p.3 : GAB. commet 13 erreurs, dont cinq dues à l'omission systématique de la colonne de gauche,
- p.4 : GAB. commet 8 erreurs, dont cinq dues à l'omission systématique de la colonne de gauche,

Le total d'erreurs s'élève à 36, sur 84 items et GAB. a réalisé ce test en 4 minutes et 50 secondes.

- Selon la cotation GAB. se situe largement au-dessous de la moyenne et de son écart-type par rapport à sa classe d'âge au niveau du nombre d'erreurs total (35 erreurs sur 84, soit 42,8% d'erreurs).
- Il se situe également largement au-dessous de la moyenne et de son écart-type pour chaque type d'erreur.
- De plus, il se situe encore au-dessous de la moyenne et de son écart-type au niveau du nombre d'erreurs par page.

Ainsi, nous pouvons remarquer que le balayage visuel de GAB. a toujours commencé à partir du milieu de la feuille, sans jamais commencer à gauche. Pourtant, la feuille de passation indique le point de départ et le point d'arrivée. Chez GAB., la consigne aurait été confondue avec celle de l'exercice précédent, où il fallait observer le modèle situé à gauche pour retrouver le même dans la liste à droite. GAB. aurait, malgré mes indications et celles de la feuille de passation, persévéré avec la consigne précédente.

En ôtant les erreurs liées à ce quiproquo nous arrivons tout de même à un total de 18 erreurs, ce qui situe GAB. au-dessous de la moyenne et de son écart-type.

On peut donc suspecter de grandes difficultés d'attention visuelle, de balayage visuel et d'observation fine de deux figures.

BILAN FINAL

GAB. ne commet que trois erreurs en réalisant ce test en 3 minutes et 30 secondes. Il omet de barrer deux figures inversées dans le sens gauche-droite. Deux erreurs sont commises sur la première page, et la troisième sur la dernière page. Ce score situe GAB. largement au-dessus de la moyenne.

On peut donc observer une nette amélioration des capacités d'attention, de balayage et de discrimination visuels. De plus, GAB. gagne en rapidité (soit 1 minute et 20 secondes de moins par rapport au bilan initial).

2. EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN

Epreuve « des mosaïques »

BILAN INITIAL

- En direct :

Il s'agit dans cette épreuve de compléter l'image avec la pastille adéquate. Il est à noter que l'enfant a l'image sous les yeux pour répondre à la question, contrairement à l'épreuve des mosaïques en différé.

- GAB. commet deux erreurs dans cette épreuve et obtient un score de 90%.

Les deux erreurs sont des confusions entre deux couleurs très nuancées (divers tons de rouge-rose). Ainsi la discrimination visuelle ne serait pas assez performante.

- En différé :

Cette épreuve diffère de la précédente de par le temps d'exposition à l'enfant de l'image à compléter : il s'agit là de 3 secondes d'exposition.

- GAB. commet sept erreurs sur les 15 items proposés et obtient un score de 50%.

Les erreurs ne sont ici pas commises uniquement sur des nuances de couleurs, mais également sur des items de couleurs différentes. Le nombre de lignes du motif, la grandeur, la forme et l'orientation ne seraient donc pas bien discriminés. Ainsi les capacités d'attention et de mémoire visuelle seraient peu performantes.

BILAN FINAL

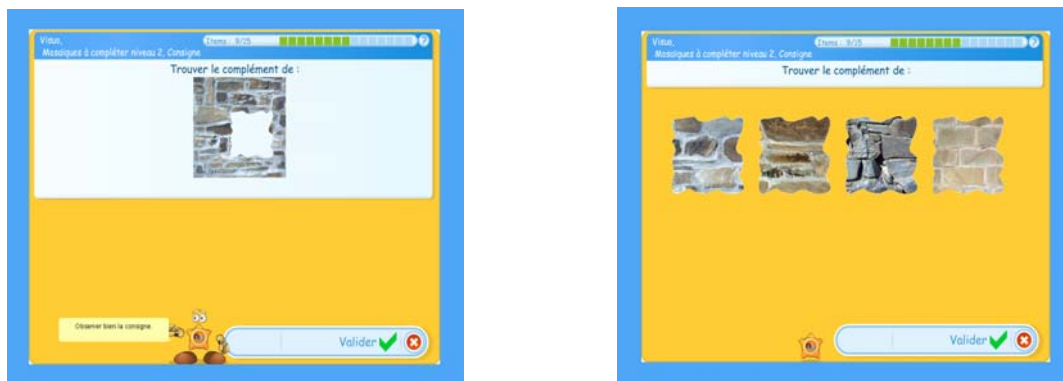
- En direct :

GAB. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100%. On note donc une amélioration lorsque GAB. dispose de l'image à compléter sous les yeux et qu'il a le temps d'analyser correctement l'image.

- En différé :

GAB. commet une seule erreur et obtient un score de 95%. On constate donc une très nette amélioration par rapport au bilan initial. Sa mémoire de travail et son attention visuelle sont devenues plus performantes. D'autant plus que l'erreur commise concerne un item particulièrement difficile :

FIG. 60 : Item des « mosaïques » auquel GAB. échoue au bilan final



Epreuve « visuo ribambelles formes »

BILAN INITIAL

GAB. ne commet aucune erreur dans cette épreuve reprenant l'épreuve de la série de LURIA, et obtient donc un score de 100%. Dans cette épreuve on note que les formes ne sont pas uniquement testées : en effet les couleurs constituent un paramètre non-négligeable, qui l'influence et l'aide beaucoup.

BILAN FINAL

GAB. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100%.

Epreuve « visuo modèles postures »

BILAN INITIAL

Cette épreuve reprend l'épreuve des planches BINET-SIMON du test des aptitudes. A cette épreuve, GAB. commet une erreur et obtient un score de 95%.

L'erreur est commise au premier item, on peut l'interpréter comme une difficulté d'attention, car GAB. constate lui-même qu'il a été trop vite et qu'il faut bien regarder tous les bonhommes avant de répondre.

BILAN FINAL

GAB. ne commet aucune erreur lors de cette épreuve et obtient un score de 100% de réussite. *On note donc une amélioration des capacités d'attention visuelle et de discrimination visuelle fine.*

Epreuve « analyse séries couleurs »

BILAN INITIAL

GAB. commet trois erreurs dans cette épreuve, et ne la réussit qu'à 70%.

Il s'agit d'observer, tout comme dans son épreuve homologue des successions conventionnelles, une série de 4 carrés uni- ou bicolores et de couleurs différentes pendant 7 secondes, puis d'affirmer ou infirmer la présence d'un carré dans cette série. GAB. chute lorsque les nuances de couleurs étaient trop proches, ou qu'il inverse les couleurs d'un carré bicolore.

GAB. aurait donc une mémoire visuelle et un balayage visuel trop insuffisants pour réussir pleinement cette épreuve.

BILAN FINAL

GAB. ne commet qu'une erreur à cette épreuve, et obtient un score de 90%. On constate donc une amélioration, notamment de la mémoire visuelle. En effet, GAB. a de grosses difficultés attentionnelles et cette épreuve, où l'observation est liée au balayage visuel, fait ressurgir ces difficultés.

Epreuve « analyse figures formes »

BILAN INITIAL

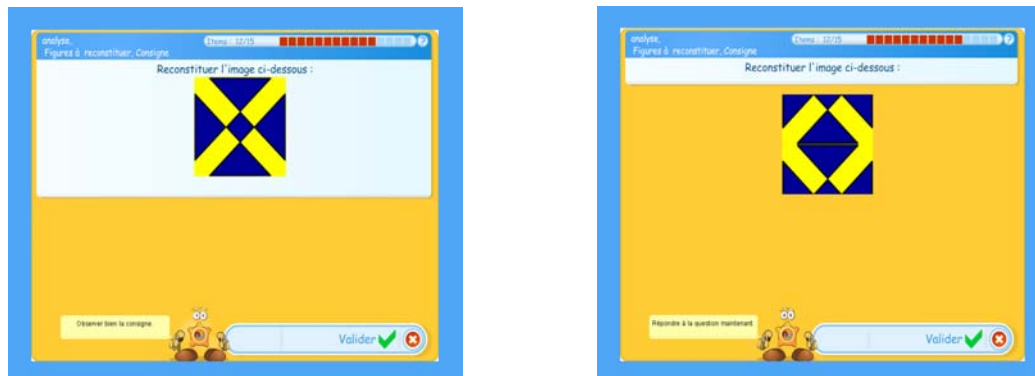
GAB. commet six erreurs et obtient un score de 60%.

Il s'agit d'observer une figure composée de quatre parties et de deux couleurs pendant 3 secondes et de la reconstituer.

On constate que les erreurs sont souvent dues à une inversion des couleurs du motif. Ainsi le bleu est mis à la place du jaune et inversement, tout en conservant le motif du modèle. On note donc que les couleurs peuvent induire GAB. en erreur en le faisant inverser la couleur du fond avec celle de la figure.

Cependant le motif en lui-même est parfois détourné : GAB. peut reconstituer un losange à la place d'une croix, en se laissant emporter par la mise en place erronée d'une première pièce, qui entraîne la création d'un nouveau motif. Ainsi son attention et sa mémoire visuelle sont trop peu performantes pour que GAB. puisse réussir pleinement cette épreuve.

FIG. 61 : Item d' « analyse figures formes » auquel GAB. échoue au bilan initial



Ainsi et comme pour MAR., on découvre de nouvelles difficultés par rapport à l'épreuve homologue pour structurer les objets. En effet, la manipulation mentale des pièces du puzzle semble être bien plus problématique pour GAB. que la manipulation réelle des pièces.

BILAN FINAL

GAB. obtient 100% de réussite à cette épreuve. GAB. met en place de nombreuses stratégies : il sait que la courbe l'aide à reconstituer une figure, il mémorise les couleurs et leurs emplacements, et parvient ainsi à reconstituer tous les items, des plus simples aux plus complexes.

Epreuves « visuo intrus signes » et « visuo modèles objets »

BILAN INITIAL

GAB. réussit parfaitement ces deux épreuves avec un score de 100% à chacune.

Dans les deux épreuves homologues extraites du matériel classique, GAB. ne commet qu'une seule erreur. On note donc de bonnes capacités à distinguer un intrus et à repérer l'item identique au modèle.

BILAN FINAL

GAB. réussit parfaitement ces deux épreuves comme lors du bilan initial.

Epreuve analyse symétrie horizontale

BILAN INITIAL

Cette épreuve consiste à retrouver le symétrique de la figure proposée avec un axe de symétrie vertical.

GAB. ne commet qu'une erreur sur les 15 items de cette épreuve, et obtient donc un score de 95%.

On peut donc déduire de bonnes capacités à retrouver le symétrique d'une figure, donc les rotations mentales de ces dernières semblent performantes.

BILAN FINAL

GAB. ne commet aucune erreur à cette épreuve, et obtient un score de 100% de réussite. On note donc une légère amélioration de la capacité à manipuler mentalement les figures, qui était déjà performante lors du bilan initial.

Epreuve analyse symétrie verticale

BILAN INITIAL

Cette épreuve consiste à retrouver le symétrique de la figure proposée avec un axe de symétrie horizontal.

GAB. commet une seule erreur sur les 15 items, et obtient donc un score de 95%. Il trouve le symétrique de la figure proposée, mais ne prête pas attention au côté de l'axe où ce dernier doit être placé.

BILAN FINAL

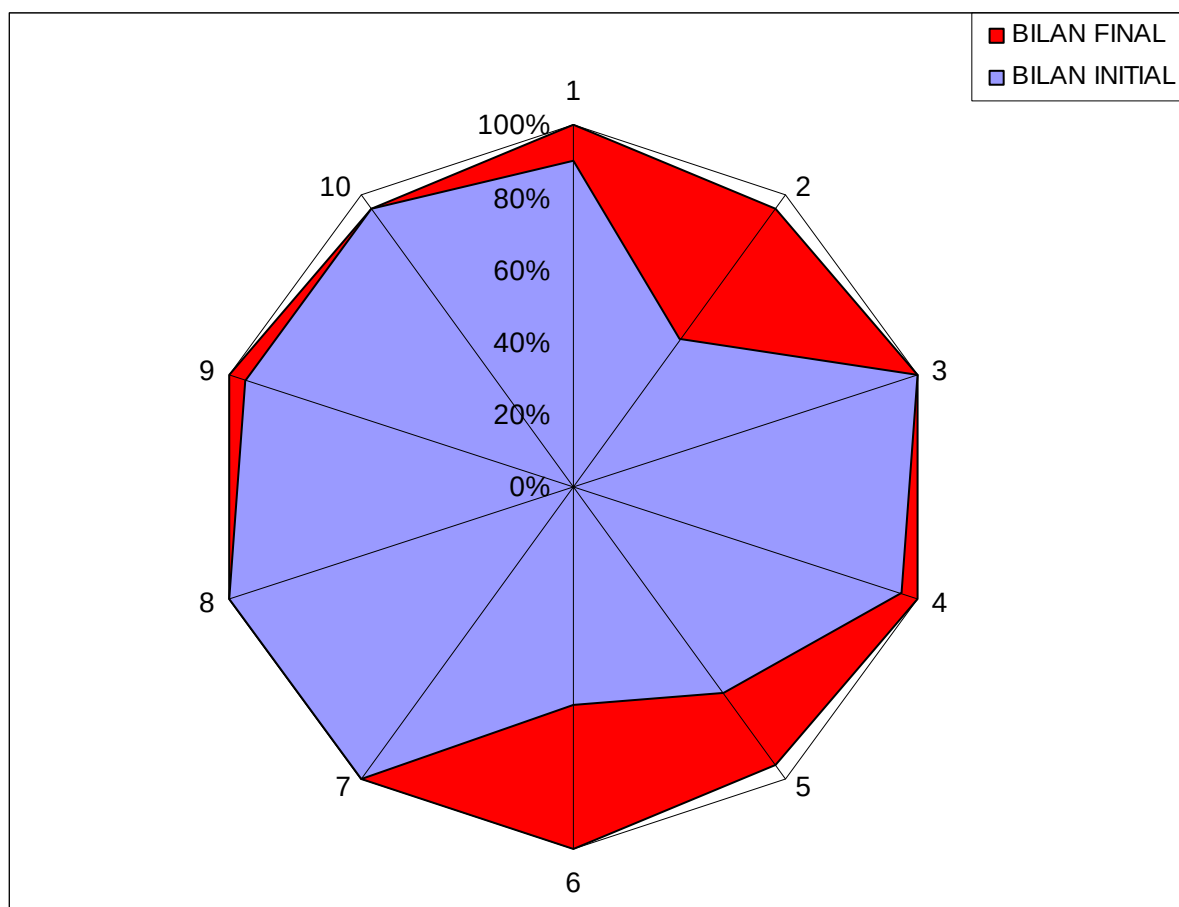
GAB. commet la même erreur à cette épreuve et obtient un score de 95%. Il trouve le bon symétrique, mais n'arrive pas à prêter attention à la fois au symétrique à trouver et au côté de l'axe où celui-ci doit se trouver. Ainsi une certaine saturation apparaît chez GAB. qui ne peut co-gérer plusieurs critères pour trouver la bonne réponse. Cependant le score s'avère très satisfaisant.

3. RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ GAB.

TAB. 10 : Résultats de GAB. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final

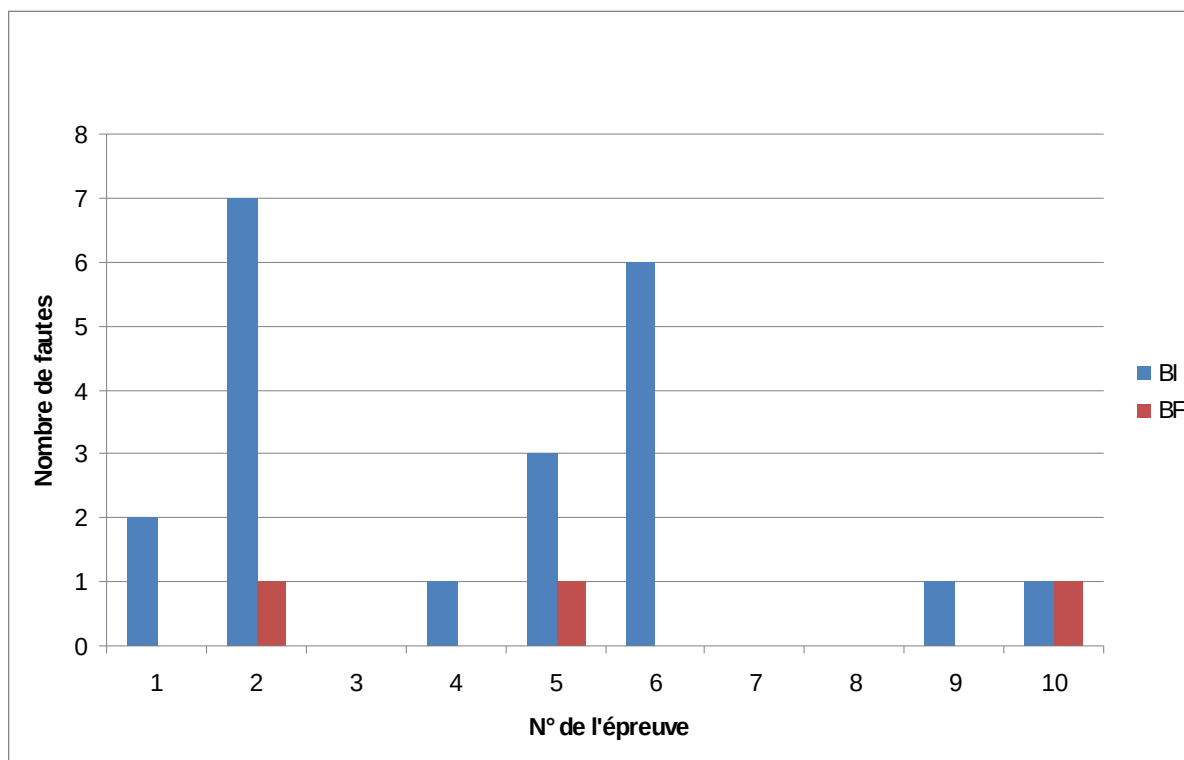
Numéro	Exercices	BI	BF
1	Mosaïques (en direct)	90%	100%
2	Mosaïques (en différé)	50%	95%
3	Visuo ribambelles formes	100%	100%
4	Visuo modèles postures	95%	100%
5	Analyse séries couleurs	70%	95%
6	Analyse figures formes	60%	100%
7	Visuo intrus signes	100%	100%
8	Visuo modèles objets	100%	100%
9	Analyse symétrie horizontale	95%	100%
10	Analyse symétrie verticale	95%	95%

FIG. 62 : Représentation des résultats de GAB. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final



La représentation des résultats précédente décrit les scores obtenus par GAB. en termes de réussites. La représentation suivante les décrit, elle, en termes d'erreurs.

FIG. 63 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour GAB.



Nous pouvons remarquer tout d'abord une amélioration des scores pour l'ensemble des épreuves, excepté pour l'épreuve 10 qui conserve le même score au bilan final qu'au bilan initial.

- Ainsi, les épreuves 1, 4, 6 et 9 ont été parfaitement réussies (100%) lors du bilan final, alors que celles-ci ne l'étaient pas lors du bilan initial (les scores étant respectivement : 90%, 50%, 95%, 70%, 60% et 95%).
- Pour les épreuves 2 et 5, une amélioration est également remarquée, respectivement de 45% et 25%.
- Les seules épreuves où les scores n'ont pas augmenté étant les épreuves où le score au bilan initial était au maximum (100%) et où on retrouve ce score lors du bilan final. Cela étant le cas pour les épreuves 3, 7 et 8.

Nous pouvons donc déduire une efficacité du travail sur le logiciel qui a permis une nette progression des résultats aux exercices du logiciel ayant servi d'épreuves lors des bilans

initial et final, notamment en constatant le nombre d'épreuves où le score est de 100% au bilan final.

Ainsi on peut supposer une nette amélioration des capacités de :

- *mémoire visuelle immédiate,*
- *discrimination visuelle fine,*
- *balayage visuel,*
- *visuo-construction.*

Il est à noter que la capacité d'attention visuelle s'est améliorée notamment via les épreuves 2, 5 et 6, mais celle-ci reste encore à travailler.

Cependant nous ne voyons ici que les résultats aux exercices extraits du logiciel. Il est également intéressant de voir si des progrès sont réalisés aux épreuves classiques des bilans, ce qui permettrait de prouver une généralisation des connaissances acquises au fur et à mesure de la rééducation sur le logiciel.

D'après le bilan de GAB. certaines épreuves classiques sont également mieux réussies lors du bilan final, à savoir :

- les planches BINET SIMON, qui montrent une utilisation plus grande et plus adaptée des marqueurs spatiaux,
- le Reversal Test, auquel GAB. ne commet que 3 erreurs au bilan initial, par rapport aux 36 erreurs du bilan final. GAB. n'a pas négligé une colonne entière du test, ce qui montre bien une amélioration de l'attention visuelle, et GAB. commet ainsi beaucoup moins d'erreurs; cette négligence mise à part, GAB. commet globalement moins d'erreurs par rapport au bilan initial; ainsi sa capacité d'analyse des figures se serait également améliorée.

Les six autres épreuves, à savoir les deux épreuves de positions dans l'espace extraites du Test de Développement de la Perception Visuelle, de FROSTIG, l'épreuve des mosaïques de BOREL-MAISONNY, l'épreuve des successions conventionnelles du Test des Aptitudes, l'épreuve de notions spatiales à la structuration d'objets du Test des Aptitudes et l'épreuve des séries de LURIA, sont aussi bien réussies au bilan final que lors du bilan initial.

En conclusion, on note chez GAB. des progrès aussi bien lors des épreuves classiques que lors des épreuves extraites du logiciel. *Ainsi la rééducation effectuée via ce dernier semble avoir permis de tels progrès que ceux-ci apparaissent sur d'autres supports.*

4. EVOLUTION DES RESULTATS DE GAB. AU FIL DES SEANCES

Voici maintenant un tableau récapitulatif des résultats de GAB. au fur et à mesure des séances, regroupés selon la nature de l'exercice.

Comme pour MAR., les niveaux apparaissent toujours par ordre de difficulté croissant.

Les scores au bilan initial et final sont également répertoriés pour les exercices ayant joué le rôle d'épreuves lors de l'évaluation. Certains exercices n'appartiennent pas aux épreuves des bilans, mais permettent de généraliser une notion à l'aide d'items de nature différente. Ainsi par exemple les exercices « analyse séries lettres » et « analyse séries chiffres » approfondissent l'exercice ayant servi d'épreuve, à savoir « analyse séries couleurs ».

Il est également à savoir que le niveau supérieur est accessible même si l'enfant n'a pas réussi le niveau précédent à 100%. En effet, parfois l'enfant stagne à un niveau, mais il est tout de même intéressant de voir son score au niveau supérieur.

TAB. 11 : Evolution des résultats de GAB.

EXERCICES	NIVEAUX	SCORES DES SEANCES (en %)	SCORES DES BILANS INITIAL (BI) ET FINAL (BF) (en %)	
			BI	BF
« Analyse figures formes »	Niveau 1	100	60	100
		100		
	Niveau 2	60		
		80		
		80		
		100		
	Niveau 3	90		
		90		
		95		
		100		
		100		
« Analyse séries couleurs »	Niveau 1	100	70	95
		100		
	Niveau 2	70		
		60		
		80		
		90		
		90		
	Niveau 3	90		
		60		
		80		
		70		
		60		
		75		
		95		
« Analyse séries lettres »	Niveau 2	90		
		100		
	Niveau 3	90		
		95		

« Analyse séries chiffres »	Niveau 2	100		
	Niveau 3	80 90 90		
« Mosaïques en direct »	Niveau 1	100		
	Niveau 2	100		
	Niveau 3	100	90	100
« Mosaïques en différé »	Niveau 1	100		
	Niveau 2	80 100		
	Niveau 3	90 85 90 90 100	50	95
« Visuo modèles postures »	Niveau 3	100	95	100
« analyse symétrie verticale »	Niveau 3	95	95	95

Les graphes suivants reprennent ce tableau, d'une part, pour chacun des exercices du logiciel pour lesquels GAB. éprouve des difficultés, d'autre part en fournissant une vue d'ensemble de l'évolution des résultats de GAB. à tous ces exercices.

Les signes codés présents dans ces graphes signifient :

BI : Bilan Initial

BF : Bilan Final

S1: Série1, qui correspond à la première réalisation de l'exercice par l'enfant à tel ou tel niveau (les niveaux étant explicités par couleurs).

S2, S3, S4, S5, S6 et S7 correspondent respectivement aux deuxième, troisième, quatrième, cinquième, sixième et septième réalisations de l'exercice par l'enfant.

FIG. 64: «Analyse figures formes»

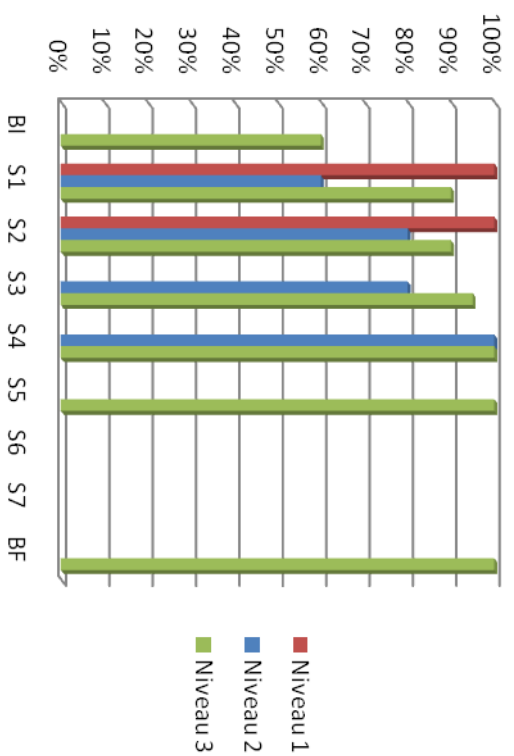


FIG. 65: «Analyse séries couleurs»

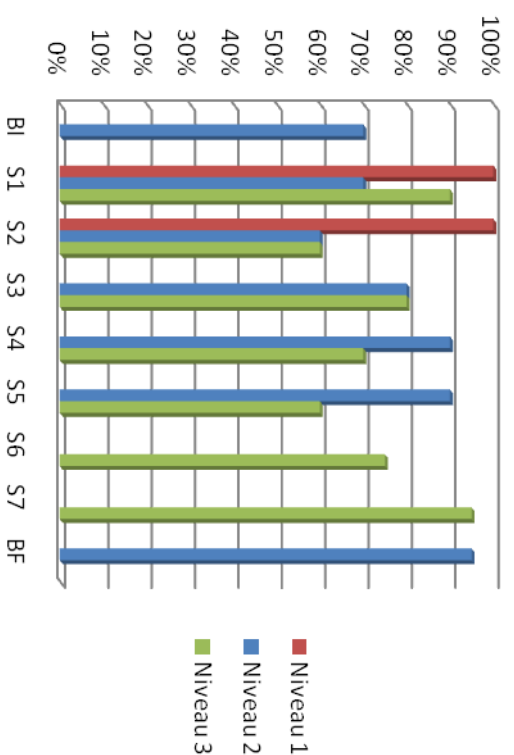


FIG. 66: «Analyse séries lettres»

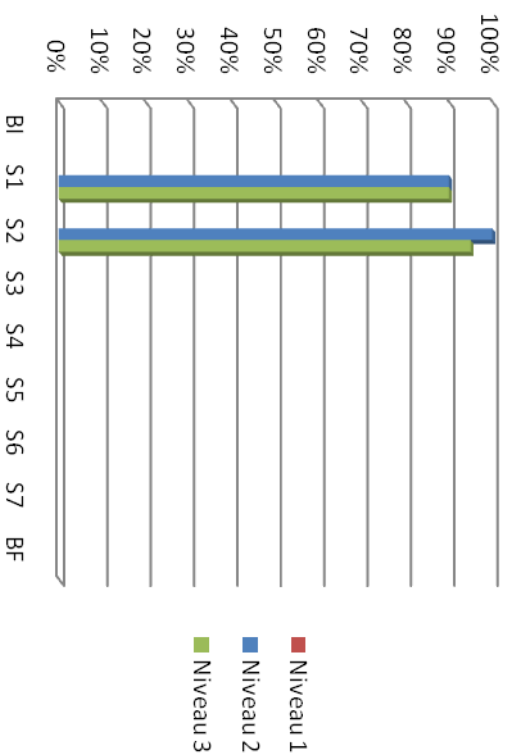


FIG. 67: «Analyse séries chiffres»

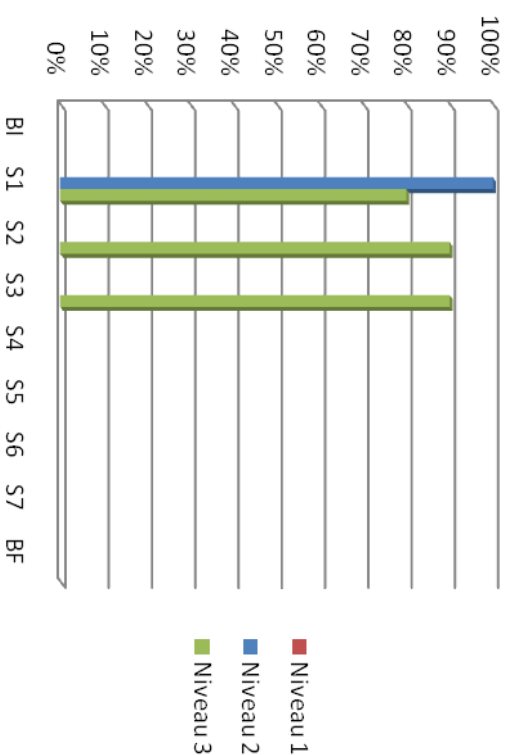


FIG. 68: «Mosaïques en direct»

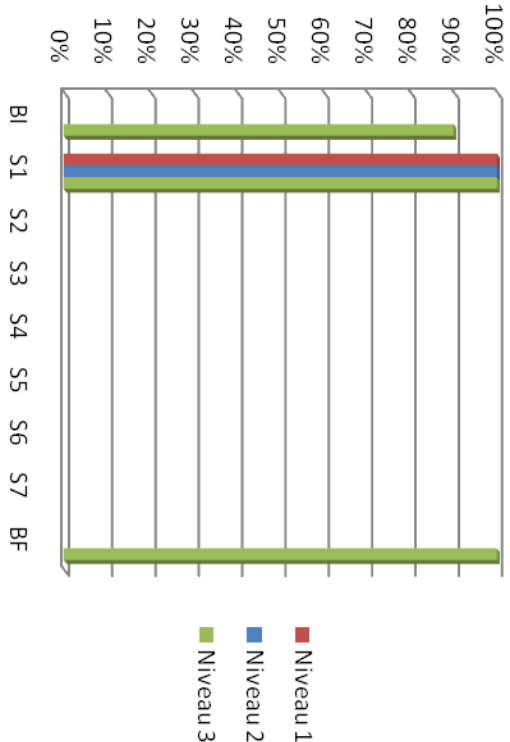


FIG. 70: «Visuo modèles postures»

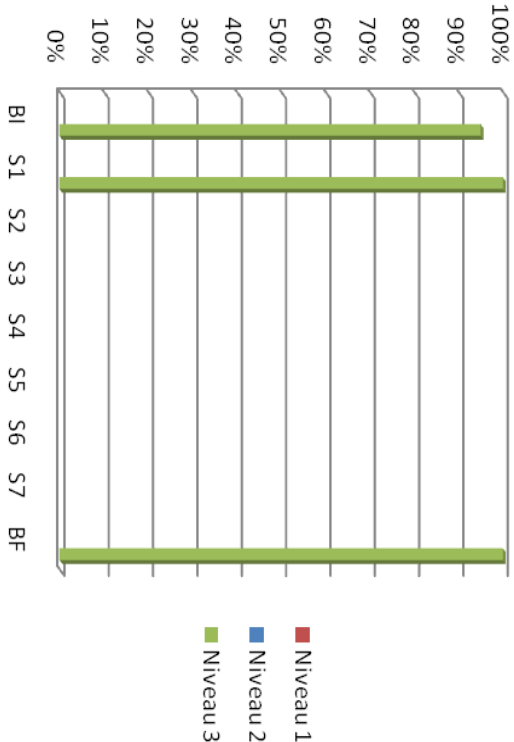


FIG. 69: «Mosaïques en différé»

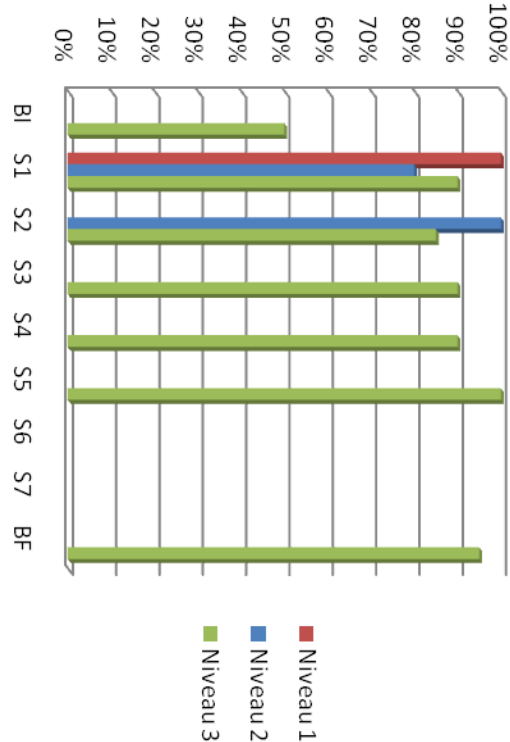


FIG. 71: «Analyse symétrie verticale»

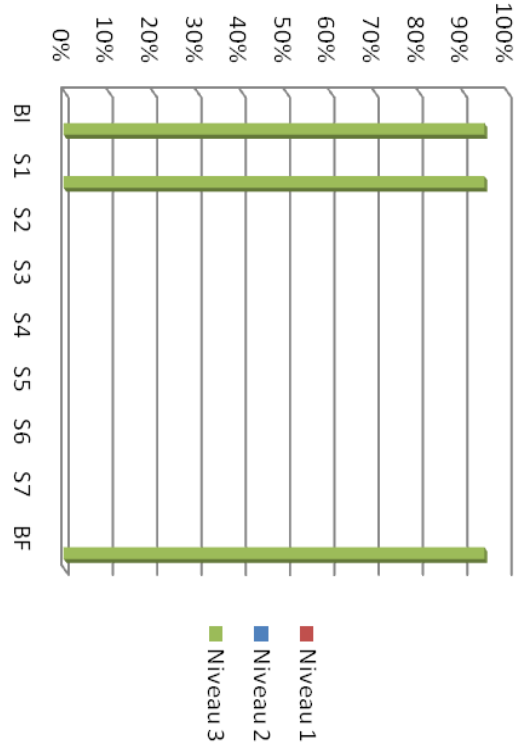
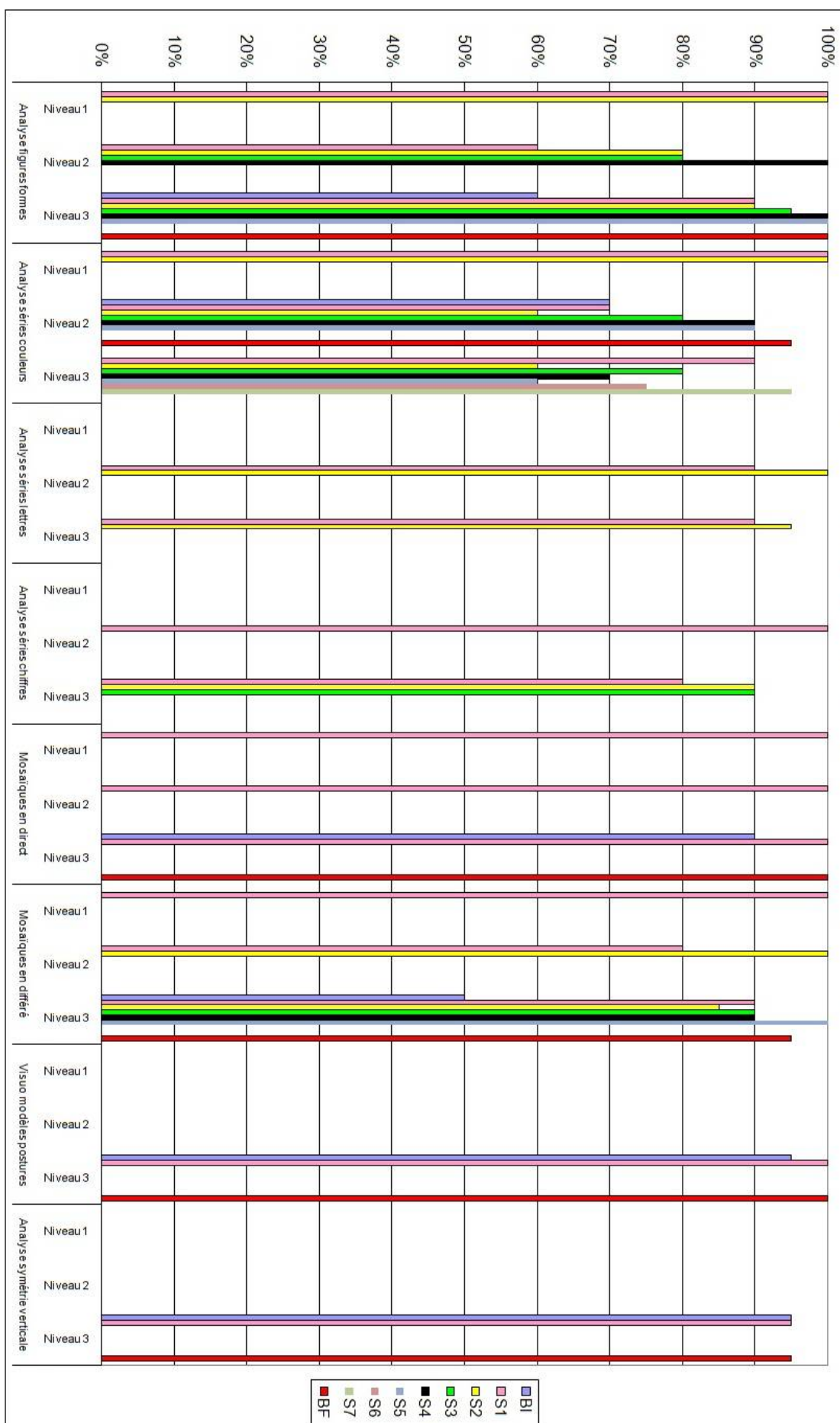


FIG. 72: Evolution des résultats par exercice et par niveau



- D'après ces graphiques, on peut constater une amélioration progressive des résultats lors de la rééducation pour les cinq exercices suivants :
 - « Mosaïques en direct »,
 - « Visuo modèles postures »,
 - « Analyse figures formes »,
 - « Analyse séries lettres »,
 - « Analyse séries chiffres ».
- Ainsi les résultats de ces cinq exercices sur les huit proposés montrent une amélioration progressive : les résultats augmentent au sein de chaque niveau de l'exercice.
- Pour deux autres exercices (« Analyse séries couleurs », « Mosaïques en différé ») on note des baisses des résultats au sein de la rééducation, qui rompent l'évolution, par ailleurs globalement favorable, des résultats. Ainsi pour chacun de ces exercices on note :
 - « Analyse séries couleurs » : une baisse en S2 pour le niveau 2 et une évolution anarchique entre S1 et S7,
 - « Mosaïques en direct » : une baisse en S2 pour le niveau 3.

Ces deux exercices font intervenir et travailler la mémoire visuelle et nécessitent beaucoup d'attention. Or GAB. présente de grandes difficultés d'attention et peine à fixer cette dernière sur un item à mémoriser, ou encore sur l'écran tout entier qu'il faut balayer du regard. Cette difficulté pourrait donc expliquer l'aspect plutôt fluctuant des résultats à ces deux exercices. Cependant les scores de ces deux exercices ayant augmenté, on peut tout de même constater une amélioration de cette capacité d'attention chez GAB.

On note également une stagnation à l'exercice « analyse symétrie verticale », auquel GAB. obtient le même score lors bilan initial, de la rééducation, et du bilan final.

- De plus, on remarque une légère baisse lors du bilan final par rapport aux scores obtenus lors de la rééducation pour un exercice :
 « Mosaïques en différé » : 95% lors du bilan final alors que le score de 100% est obtenu lors de la rééducation.

En conclusion : on constate des améliorations progressives présentes pour la majorité des exercices, qui se manifestent dans tous les cas par des scores au bilan final nettement plus élevés que lors du bilan initial. On note également des scores plus élevés aux deux épreuves classiques qui n'étaient pas réussies.

En somme, la rééducation via le logiciel aurait porté ses fruits chez GAB. non seulement au sein du logiciel lui-même, mais également lors des épreuves classiques.

III. RESULTATS DE TRI.

1. EPREUVES DE BILAN CLASSIQUES

Epreuves des mosaïques de BOREL-MAISONNY

BILAN INITIAL

A cette épreuve TRI. commet 5 erreurs sur les 7 planches proposées.

- *En effet, les deux planches réussies sont les planches exigeant une bonne reconnaissance des directions, de la forme, de la grandeur et de la disposition.*
- *En revanche, les capacités faisant intervenir les notions de nombre et de direction des lignes, d'orientation, et l'observation fine d'une forme sont inefficaces pour compléter les mosaïques.*

BILAN FINAL

TRI. commet le même nombre d'erreurs que lors du bilan initial. On ne note donc aucune progression ni régression, car les deux mosaïques correctement complétées sont les mêmes qu'au bilan initial.

Epreuves des planches BINET-SIMON du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- TRI. apparie correctement chaque image du petit garçon dans une posture différente.
- En ce qui concerne la description de chaque posture du petit garçon, TRI. reste très concis. Voici ses productions :

Sur la planche I :

1. TRI. commence par mimer. Je lui explique de me « dire » comment le petit garçon se tient. « Il lève ses bras » me dit-il alors.
2. « Il lève pas ses bras. »
3. « Il lève ses bras. »
4. « des vagues. »

Sur la planche II :

1. « Il lève son bras à gauche. »
2. « Il lève son bras à droite. »
3. « Il lève son bras à droite. »
4. « des vagues ».

On remarque que TRI. ne distingue pas la position des bras devant ou en avant pour l'image 3 de la planche II. On constate également que le vocabulaire spatial de TRI est pauvre et encore imagé. Néanmoins, il n'a, dans cette épreuve, pas confondu la gauche et la droite.

- *En ce qui concerne les mimes des postures du petit garçon, TRI. confond la gauche et la droite. Il lève son bras gauche au lieu du bras droit, et inversement. De plus, la notion « devant » n'est pas comprise lors des mimes non plus : TRI. met son bras à droite. Les autres postures sont réussies. Les termes « haut », « bas », sont correctement mimés.*
- *Dans l'épreuve de désignation des postures du petit garçon, TRI. ne commet aucune erreur. Ainsi la compréhension des marqueurs spatiaux semble bonne, et bien supérieure à l'expression de ces derniers.*
- *Enfin, quand on demande à TRI. de mettre son bras en haut, en bas, etc. il s'exécute en hésitant sur la gauche et la droite, et en commettant une erreur : il tend son bras droit à droite, au lieu de le tendre « devant ».*

BILAN FINAL

TRI. réussit mieux cette épreuve que lors du bilan initial notamment quant au vocabulaire utilisé pour décrire les postures du petit garçon.

Sur la planche I :

1. il met ses bras en haut,
2. il met ses bras vers le bas,
3. il met ses bras vers le haut,
4. il met ses bras en bas et en haut.

Sur la planche II :

1. il met ses bras en haut à gauche,
2. il met ses bras en haut à droite,
3. il met ses bras en haut à droite,
4. il met ses bras en bas.

On remarque que TRI. ne distingue toujours pas la position des bras devant ou en avant pour l'image 3 de la planche II. Cependant son vocabulaire spatial est bien plus précis et moins imagé que lors du bilan initial.

- *De plus, TRI. ne confond plus la gauche et la droite lors du mime des postures du petit garçon. Mais la notion « devant » reste encore mal interprétée. Ce qui est normal, car lors de la rééducation sur le logiciel, le bonhomme utilisé pour travailler l'utilisation des marqueurs spatiaux est représenté de*

façon à travailler les notions de bas/haut et de gauche/droite, mais malheureusement pas les notions devant/derrière.

Les autres épreuves sont tout aussi bien réussies que lors du bilan initial.

Epreuve des successions conventionnelles du Test des Aptitudes

BILAN INITIAL

- TRI. apparie les trains correctement.
- A la question : « pourquoi les trains ne sont-ils pas pareils ? » TRI. répond : « Les couleurs changent ». On peut donc déduire que TRI. a prêté attention à l'alternance des couleurs.
- A l'épreuve de désignation du premier wagon, du dernier wagon, et du wagon du milieu, TRI. s'exécute parfaitement.
- Montrer dans quel train le wagon rouge est au début, au milieu et à la fin ne pose également aucun problème à TRI.
- La reconstitution de chacun des trains à l'aide des wagons et de la locomotive isolés est réussie.
- La désignation du wagon immédiatement après tel ou tel wagon a été parfaitement réalisée par TRI.

Ainsi TRI. ne semble pas éprouver de difficultés quant à la séquentialité des wagons. Il comprend les notions de successions, de début et de fin.

BILAN FINAL

TRI. réussit cette épreuve tout aussi bien que lors du bilan initial.

Epreuve de notions spatiales à la structuration d'objets du Test des Aptitudes

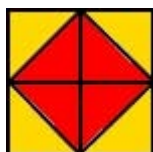
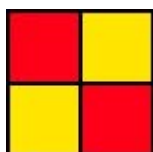
BILAN INITIAL

- TRI. ne parvient à reproduire aucune des structures composées de 4 pièces uni ou bicolores.

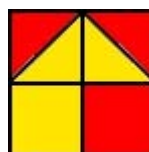
Ainsi les capacités de visuo-construction de TRI. semblent déficientes car le premier « puzzle » à reconstituer est composé simplement de deux pièces rouges et de deux pièces jaunes.

FIG. 73 : Réalisations de TRI. pour chacun des puzzles

Modèles :



Réalisations de TRI. :



BILAN FINAL

TRI. réalise toutes les structures composées de 4 pièces uni- ou bicolores. Une seule hésitation est notée pour la dernière structure, pour laquelle TRI. réalise quelque chose de différent du modèle, puis il se rend compte que ce n'est pas identique et se corrige seul.

Ses capacités de visuo-construction sont désormais performantes.

Epreuves de positions dans l'espace du test FROSTIG

BILAN INITIAL

- La première épreuve est parfaitement réalisée. En effet, TRI. désigne l'intrus à chaque item.
- TRI. n'échoue qu'à un des quatre items, le 3^e, plus complexe car il faut prendre garde à l'orientation et à la densité des lignes constituant l'item.

BILAN FINAL

TRI. réalise parfaitement ces deux épreuves. *On note donc une amélioration quant à l'appréhension de l'orientation et de la densité des lignes.*

Epreuve du REVERSAL TEST

BILAN INITIAL

Il s'agit de déterminer si deux figures sont identiques ou non.

Chaque page contient 21 paires de figures, et l'épreuve comporte 4 pages.

TRI. commet :

- une erreur sur la première page,
- une erreur sur la deuxième page,
- une erreur sur la troisième page,
- aucune erreur sur la quatrième et dernière page.

Ainsi on peut noter un score de 3 erreurs sur les 84 items présentés, soit un pourcentage d'erreur de 3,57%. TRI. a mis 3 minutes et 33 secondes à effectuer le test en sa totalité. On relève également que les trois erreurs sont des oublis : TRI. ne barre jamais deux figures qui ne sont en réalité pas identiques.

TRI réussit donc correctement cette épreuve, avec un bon sens de lecture « gauche-droite » et une très bonne concentration. On observe également une absence de signes de fatigue à la fin de l'épreuve. Au contraire, les erreurs sont homogènes du point de vue du nombre par page.

BILAN FINAL

TRI. ne commet que deux erreurs à cette épreuve, qui était déjà très bien réussie lors du bilan initial. On note tout de même une amélioration non seulement par rapport au nombre d'erreurs commises, mais également par rapport au temps mis pour réaliser cette épreuve : 3 minutes et 4 secondes, soit 29 secondes de moins que lors du bilan initial. *Ainsi TRI. a gagné en rapidité.*

2. EPREUVES DE BILAN SUR LE LOGICIEL NEUROWAKEN

Epreuve « des mosaïques »

BILAN INITIAL

- en direct :

Dans cette épreuve où TRI. doit compléter une image qu'il a à sa disposition à l'aide d'une des quatre pastilles proposées, TRI ne commet qu'une erreur et obtient un score de 95%. Les nuances de couleur posent problème à TRI. (notamment la couleur rose plus ou moins foncée.)

- en différé :

Dans cette épreuve où l'image est exposée durant un court laps de temps (quelques secondes), puis disparaît, TRI. doit mémoriser cette image, et la compléter à l'aide d'une des quatre pastilles proposées. Cette épreuve lui pose davantage de difficultés car il obtient un score de 80% avec 3 erreurs commises.

On peut donc supposer qu'il s'agit de la mémoire visuelle de TRI. qui n'est pas assez efficace pour réussir pleinement cette épreuve.

BILAN FINAL

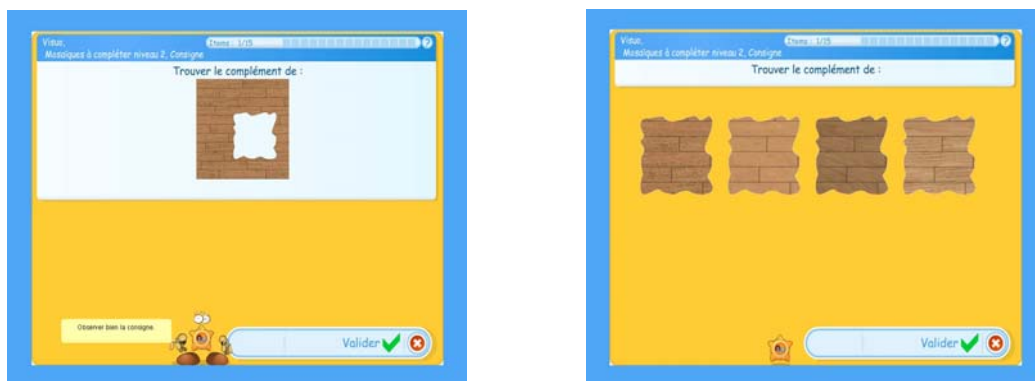
- en direct :

TRI. obtient un score de 100% en ne commettant aucune erreur. On note donc un léger progrès par rapport au bilan initial auquel TRI. avait déjà bien réussi cette épreuve en ne commettant qu'une seule erreur.

- en différé :

TRI. ne commet qu'une erreur et obtient un score de 95%. TRI. échoue à l'item qui présente des images de parquets de différentes nuances. *On retrouve donc un problème de nuances des couleurs qui sont parfois difficiles à discriminer et davantage encore à mémoriser.*

FIG. 76 : Item des « mosaïques » auquel TRI. échoue au bilan final

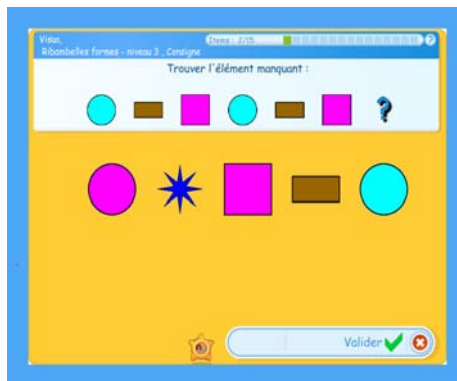


Epreuve « visuo ribambelle formes »

BILAN INITIAL

TRI. obtient un score de 95% en ne commettant qu'une seule erreur. En effet, il échoue lorsque, dans l'alternance, trois couleurs différentes et trois formes différentes sont à prendre en compte. Alors, deux critères (la forme et la couleur), ainsi que l'alternance à l'intérieur de ces deux critères doivent être pris en compte. Il s'agit du niveau de difficulté le plus élevé au sein même de ce niveau 3 de l'épreuve (car parfois on ne compte que deux formes différentes, ou encore deux couleurs différentes, associées ou non).

FIG. 77 : Item de « visuo ribambelles formes » auquel TRI. échoue au bilan initial



Ainsi TRI. ne pourrait pas prendre en compte de nombreux critères et sous-critères.

BILAN FINAL

TRI. obtient un score de 100%. TRI. nomme désormais les différentes figures géométriques, et effectue un balayage visuel du début de la série à compléter afin de trouver l'alternance et de pouvoir plus facilement compléter la série. Ses capacités de balayage visuel et d'appréhension de l'alternance se sont donc améliorées.

Epreuve « visuo modèles postures »

BILAN INITIAL

TRI. commet deux erreurs dans cette épreuve et obtient un score de 90%.

- D'une part, il repère un bonhomme dans une posture non-identique au bonhomme-modèle, à savoir que ce dernier à un bras levé vers le haut, et il choisit un bonhomme avec un bras vers le bas.
- D'autre part, il choisit un bonhomme avec la tête penchée vers la droite alors que le bonhomme-modèle a la tête penchée vers la gauche.

Ainsi TRI. n'aurait pas une bonne perception des détails. Il est à noter que l'attention et la concentration entrent en jeu dans cette épreuve et peuvent aussi être incriminées.

BILAN FINAL

TRI. ne commet aucune erreur et obtient un score de 100%. TRI. prête désormais attention aux moindres détails de la posture du bonhomme schématisé, afin de retrouver son identique parmi une série de bonhommes, chacun dans une posture différente.

Epreuve « analyse série couleurs »

BILAN INITIAL

TRI. commet 4 erreurs à cette épreuve, et obtient un score de 60% (il s'agit du niveau de difficulté 2). En effet, TRI. se focalise souvent sur un seul item de couleur en me disant : « il est rouge, j'aime bien le rouge ». Ainsi TRI. ne balaie pas du tout toute la série d'items de couleurs et ne sait souvent pas quoi répondre à la question : « Est-ce que cet item figurait dans la série ? ».

Ainsi TRI. ne met en action aucune stratégie de balayage visuel, et ne sait pas trop où regarder parmi la série d'items.

De plus, sa mémoire visuelle est également remise en cause dans cette épreuve, car il faut retenir pendant un court laps de temps de quelles couleurs étaient les items proposés.

BILAN FINAL

TRI. ne commet que deux erreurs à cette épreuve et obtient un score de 80% de réussite. La première erreur concerne une confusion de couleurs proches (rose-rouge), et la seconde porte sur une inversion des couleurs d'un carré bi-couleur. TRI. remarque que ces couleurs sont présentes lors du temps d'exposition des carrés, mais ne tient pas compte de leur ordre d'apparition. Par ailleurs TRI. a besoin, lors de la rééducation, d'une aide afin d'effectuer un balayage visuel efficace, ainsi un stylo parcourant l'écran de gauche à droite lui est très utile. *Ici on constate un réel progrès par rapport à l'efficacité du balayage visuel et de la mémoire visuelle, qui est elle aussi perturbée.*

Epreuve « analyse figures formes »

BILAN INITIAL

TRI. obtient un score de 35% de réussite à cette épreuve et commet 10 erreurs sur les 15 figures à reconstituer. En effet, une image composée de deux couleurs apparaît, puis disparaît. L'image est alors proposée sous la forme de 4 morceaux en désordre et TRI. doit reconstituer l'image initiale.

Ainsi, la mémoire visuelle de travail de TRI. n'est également pas efficace dans cette épreuve. TRI. reconstitue l'image en mettant un morceau un peu au hasard, sans anticiper où peuvent aller les autres. Il est à noter également que les items « signifiants » aident TRI. En effet, l'image d'un avion est plus facilement reconstituée qu'une image comportant une figure géométrique.

BILAN FINAL

TRI. obtient un score de 95% de réussite à cette épreuve en ne commettant qu'une seule erreur sur les 15 items à reconstituer. Ainsi on peut constater une nette amélioration des capacités de visuo-construction qui étaient très perturbées lors du bilan initial, et qui semblent désormais très correctes.

Epreuve « visuo intrus signes » et « visuo modèles objets »

BILAN INITIAL

TRI. obtient un score de 100% à ces deux épreuves.

On ne relève donc aucune difficulté particulière et on constate une bonne discrimination visuelle parmi des items orientés différemment.

BILAN FINAL

TRI. obtient un score de 100% à ces deux épreuves, comme lors du bilan initial.

Epreuve « analyse symétrie horizontale »

BILAN INITIAL

TRI. commet 6 erreurs à cette épreuve et obtient un score de 60%. On peut constater que TRI. commet deux types d'erreurs dans cette épreuve à savoir :

- soit il choisit l'item symétrique, mais se trompe de côté par rapport à l'axe de symétrie,
- soit il choisit le bon côté de l'axe de symétrie, mais se trompe dans la notion de symétrie de l'item.

BILAN FINAL

TRI. réussit cette épreuve à 100%. TRI. comprend bien la notion de symétrie, et réalise des rotations mentales désormais plus facilement que lors du bilan initial.

Epreuve « analyse symétrie verticale »

BILAN INITIAL

TRI. obtient un score de 0% à cette épreuve. Il ne réussit aucun item, et déclare trouver cela trop difficile. Il est alors à noter qu'il s'agit de la dernière épreuve proposée, et que la fatigabilité entre certainement en jeu. Cependant, une difficulté à faire effectuer une rotation mentale dans le sens haut-bas, semble plus difficile pour TRI. que dans l'épreuve « analyse symétrie horizontale ».

BILAN FINAL

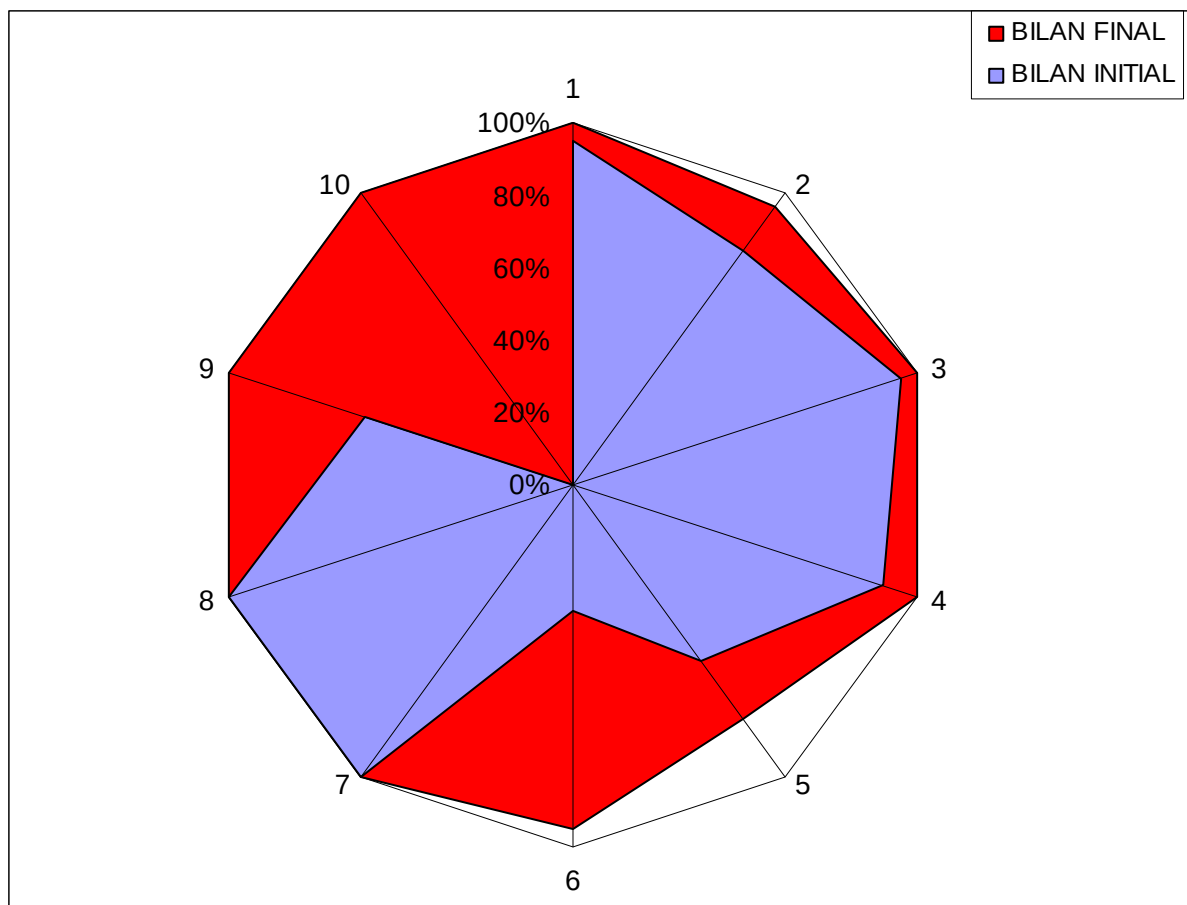
TRI. ne commet aucune erreur et obtient un score de 100%. Cette épreuve est maintenant « facile », selon un de ses commentaires lors du bilan final.

3. RESULTATS COMPARATIFS ENTRE LE BILAN INITIAL (BI) ET LE BILAN FINAL (BF) CHEZ TRI.

TAB. 12 : Résultats de TRI. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final

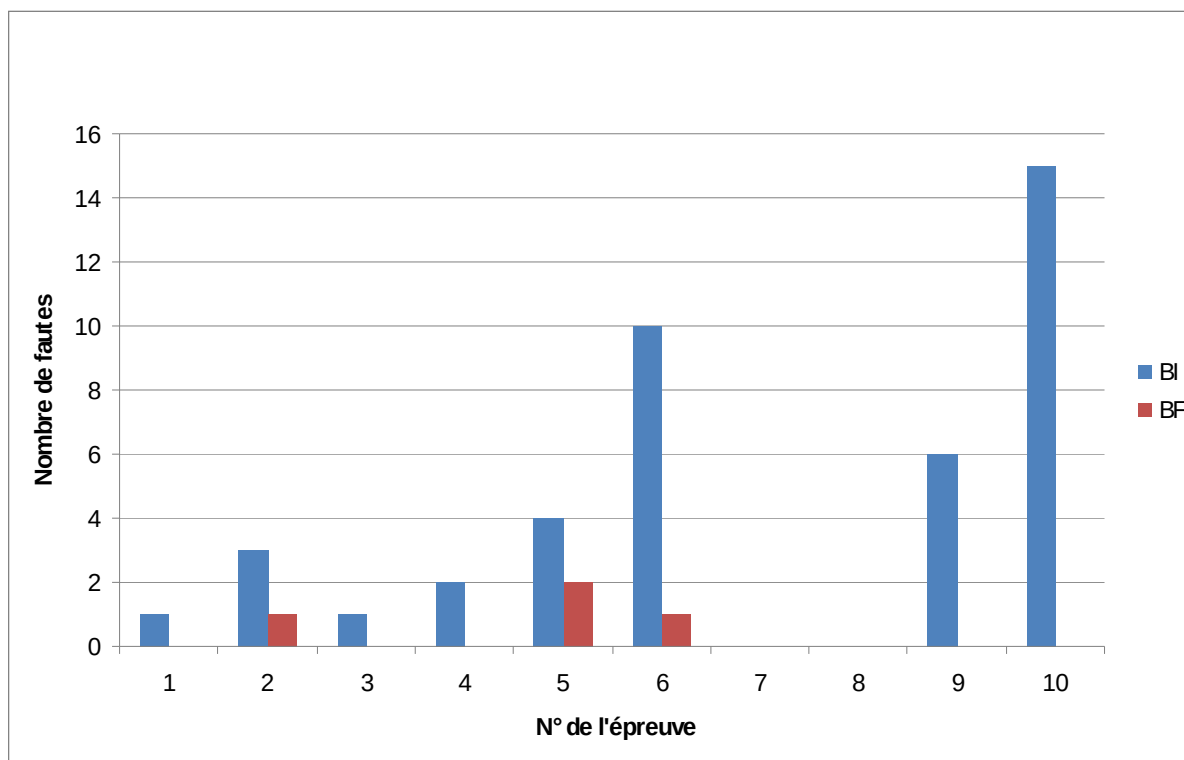
Numéro	Exercices	BI	BF
1	Mosaïques (normal)	95%	100%
2	Mosaïques (en différé)	80%	95%
3	Visuo ribambelles formes	95%	100%
4	Visuo modèles postures	90%	100%
5	Analyse séries couleurs	60%	80%
6	Analyse figures formes	35%	95%
7	Visuo intrus signes	100%	100%
8	Visuo modèles objets	100%	100%
9	Analyse symétrie horizontale	60%	100%
10	Analyse symétrie verticale	0%	100%

FIG. 78 : Représentation des résultats de TRI. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final



La représentation des résultats précédente décrit les scores obtenus par TRI. en termes de réussites. La représentation suivante les décrit, elle, en termes d'erreurs.

FIG. 79 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour TRI.



Nous pouvons remarquer tout d'abord une nette amélioration des scores pour l'ensemble des épreuves.

- Ainsi, les épreuves 1, 3, 4, 9 et 10 ont été parfaitement réussies (100%) lors du bilan final, alors que celles-ci ne l'étaient pas lors du bilan initial (les scores étant respectivement : 95%, 95%, 90%, 60% et 0%).
- Pour les épreuves 2, 5 et 6 une amélioration est également remarquée, respectivement de 15%, 20% et 60%.
- Les seules épreuves où les scores n'ont pas augmenté étant les épreuves où le score au bilan initial était au maximum (100%) et où on retrouve ce score lors du bilan final. Cela étant le cas pour les épreuves 7 et 8.

Nous pouvons donc déduire une efficacité du travail sur le logiciel qui a permis une nette progression des résultats aux exercices du logiciel ayant servi d'épreuves lors des bilans initial et final, notamment en constatant le nombre d'épreuves où le score est de 100% au bilan final.

Ainsi on peut supposer une nette amélioration des capacités de :

- *mémoire visuelle immédiate,*
- *discrimination visuelle fine,*
- *balayage visuel,*
- *visuo-construction,*
- *rotation mentale,*
- *d'appréhension de l'alternance des motifs,*
- *d'orientation.*

Cependant nous ne voyons ici que les résultats aux épreuves extraites du logiciel. Il est également intéressant de voir si des progrès sont réalisés aux épreuves classiques des bilans, ce qui permettrait de prouver une généralisation des connaissances acquises au fur et à mesure de la rééducation sur le logiciel.

D'après le bilan de TRI. certaines épreuves classiques sont également mieux réussies lors du bilan final, à savoir :

- les planches BINET SIMON, qui montrent une utilisation plus grande et plus adaptée des marqueurs spatiaux,
- l'épreuve de notions spatiales à la structuration d'objets du Test des Aptitudes où TRI. n'avait réussi à reconstituer aucun des cinq puzzles lors du bilan initial alors que lors du bilan final il les reconstitue tous correctement,
- l'épreuve des séries de LURIA où TRI. parvient à compléter les deuxième et troisième séries plus aisément lors du bilan final que lors du bilan initial,
- les deux épreuves de positions dans l'espace du test FROSTIG auxquelles TRI. ne se trompe plus, notamment à l'item auquel il avait échoué lors du bilan initial qui fait intervenir des notions d'orientation et de densité des lignes,
- le Reversal Test, auquel TRI. commet une erreur de moins qu'au bilan initial ; il le réalise en 29 secondes de moins.

Les deux autres épreuves, à savoir l'épreuve des successions conventionnelles du Test des Aptitudes et l'épreuve des mosaïques de BOREL-MAISONNY sont aussi bien réussies au bilan final que lors du bilan initial.

En conclusion, on note chez TRI. des progrès aussi bien lors des épreuves classiques que lors des épreuves extraites du logiciel. *Ainsi la rééducation effectuée via ce dernier semble avoir permis de tel progrès que ceux-ci s'observent sur d'autres supports.*

4. EVOLUTION DES RESULTATS DE TRI. AU FIL DES SEANCES

Voici maintenant un tableau récapitulatif des résultats de TRI. au fur et à mesure des séances, regroupés selon la nature de l'exercice.

Comme pour MAR. et GAB., les niveaux apparaissent toujours par ordre de difficulté croissant.

Les scores au bilan initial et final sont également répertoriés pour les exercices ayant joué le rôle d'épreuves lors de l'évaluation. Certains exercices n'appartiennent pas aux épreuves des bilans, mais permettent de généraliser une notion à l'aide d'items de nature différente. Ainsi par exemple les exercices « analyse séries lettres » et « analyse séries chiffres » approfondissent l'exercice ayant servi d'épreuve, à savoir « analyse séries couleurs ».

Il est également à savoir que le niveau supérieur est accessible même si l'enfant n'a pas réussi le niveau précédent à 100%. En effet, parfois l'enfant stagne à un niveau, mais il est tout de même intéressant de voir son score au niveau supérieur.

TAB. 13 : Evolution des résultats de TRI.

EXERCICES	NIVEAUX	SCORES LORS DES SEANCES (en %)	SCORES DES BILANS INITIAL (BI) ET FINAL (BF) (en %)	
			BI	BF
« Analyse figures formes »	Niveau 1	80 80	35	95
	Niveau 2	70 100		
	Niveau 3	80 95 95 100		
« Analyse séries couleurs »	Niveau 1	80 100	60	80
	Niveau 2	60 80 60 90 100		
	Niveau 3	70 60 60 70 70		
« Mosaïques en direct »	Niveau 1	100	95	100
	Niveau 2	100		
	Niveau 3	100		

« Mosaïques en différé »	Niveau 1	100 100	80	95
	Niveau 2	90 100		
	Niveau 3	100 95		
« Visuo modèles postures »	Niveau 3	95	90	100
« Visuo ribambelles formes »	Niveau 3	100	95	100
« Analyse symétrie horizontale »	Niveau 1	80 100	60	100
	Niveau 2	70 100 100		
	Niveau 3	100 100		
« Analyse symétrie verticale »	Niveau 1	100	0	100
	Niveau 2	100		
	Niveau 3	95 100		

Les graphes suivants reprennent ce tableau d'une part pour chacun des exercices du logiciel pour lesquels TRI. éprouve des difficultés, d'autre part en fournissant une vue d'ensemble de l'évolution des résultats de TRI. à tous ces exercices.

Les termes présents dans ces graphes signifient :

BI : Bilan Initial

BF : Bilan Final

S1: Série1, qui correspond à la première réalisation de l'exercice par l'enfant à tel ou tel niveau (les niveaux étant explicités par couleurs).

S2, S3, S4 et S5 correspondent respectivement aux deuxième, troisième, quatrième, et cinquième réalisations de l'exercice par l'enfant.

FIG. 80: «Analyse figures formes»

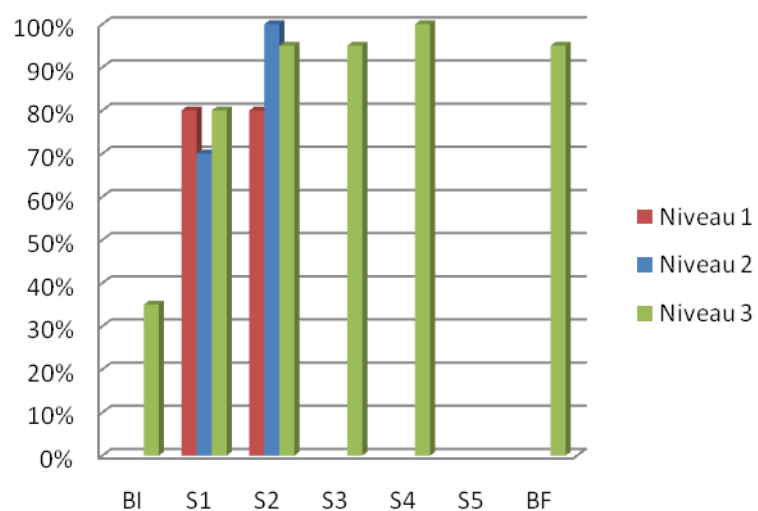


FIG. 81: «Analyse séries couleurs»

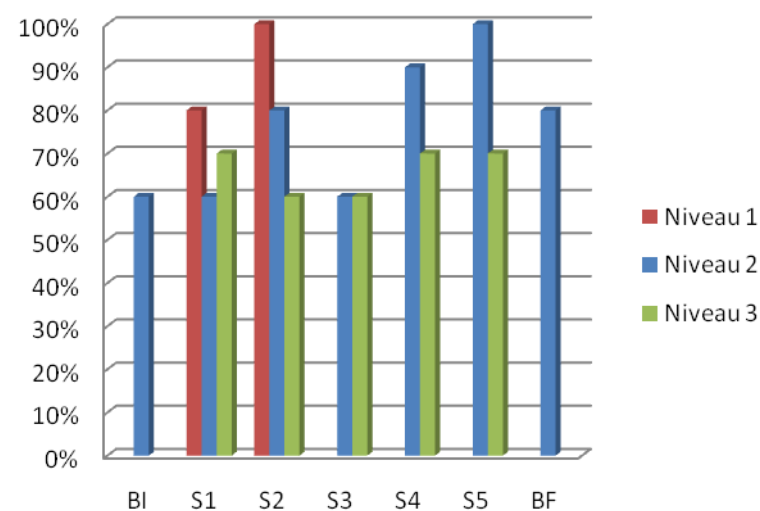


FIG. 82: «Mosaïques en direct»

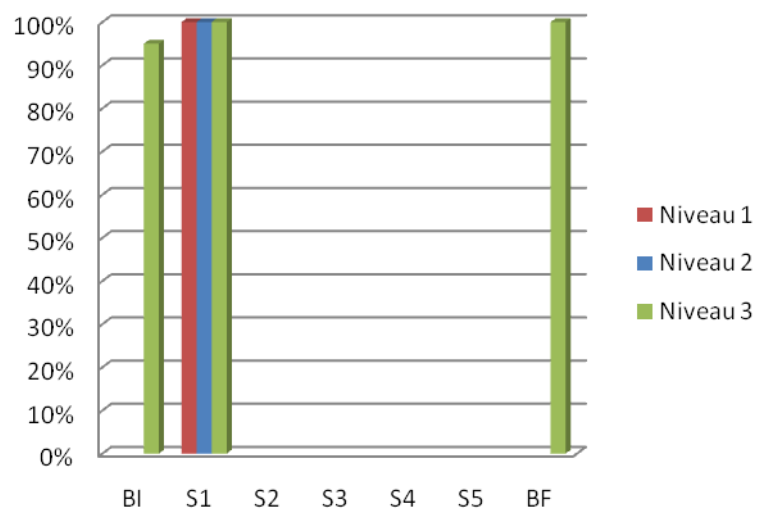


FIG. 83: «Mosaïques en différé»

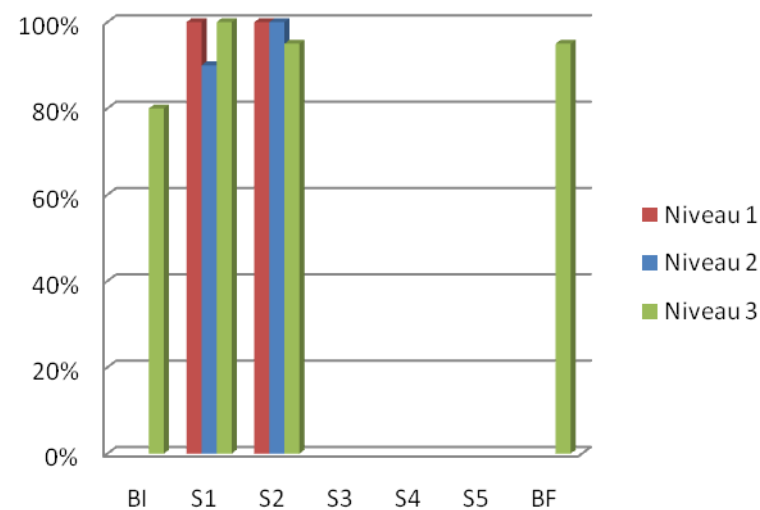


FIG. 84: «Visuo modèles postures»

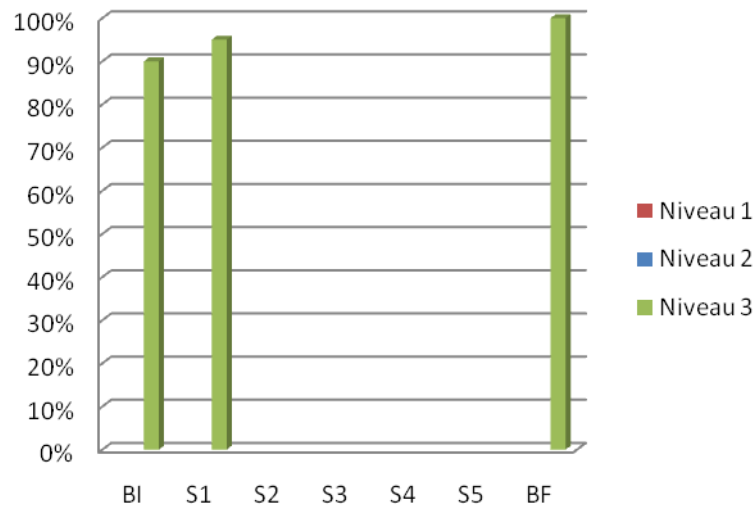


FIG. 85: «Visuo ribambelles formes»

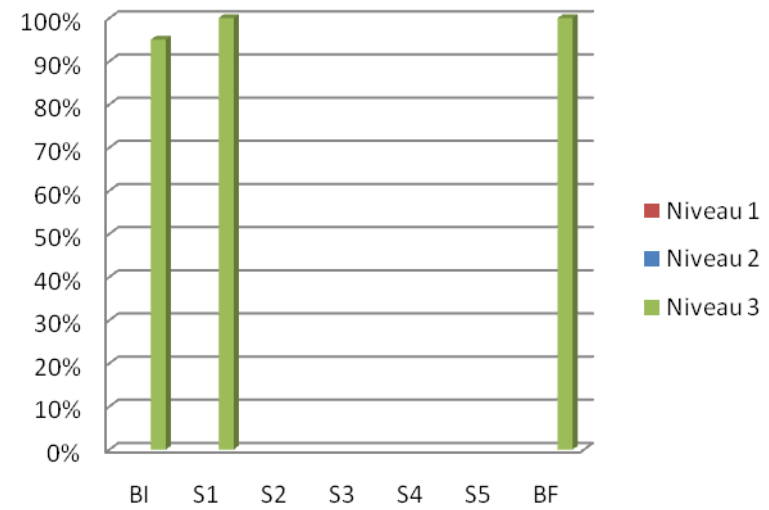


FIG. 86: «Analyse symétrie horizontale»

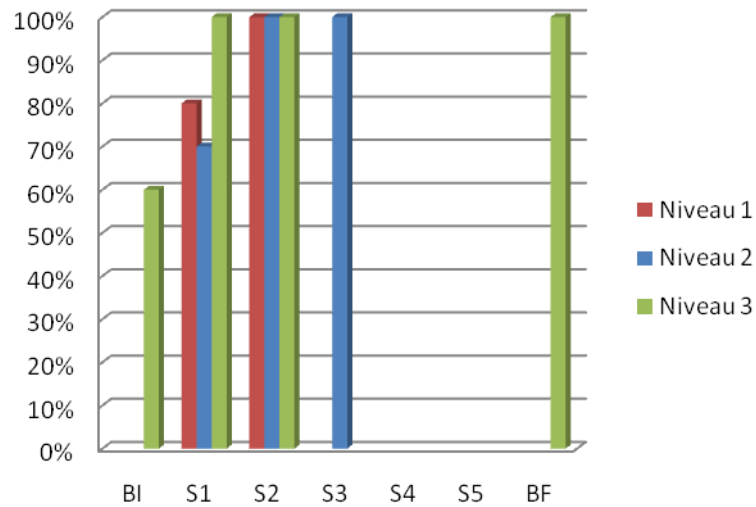
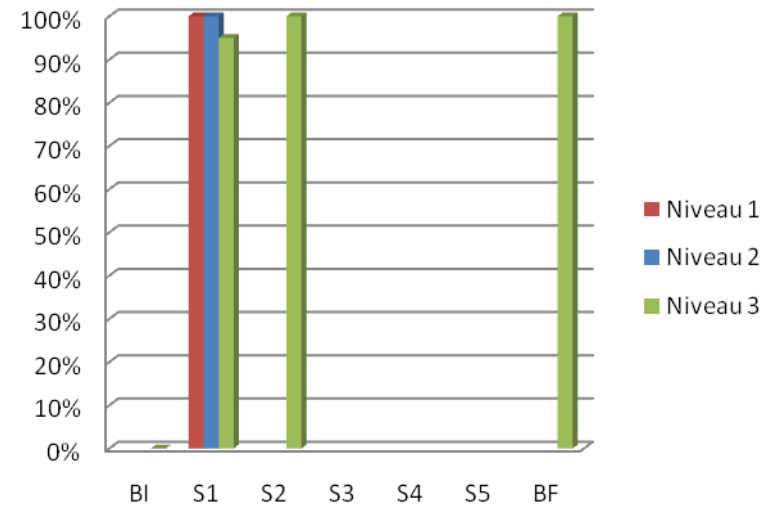
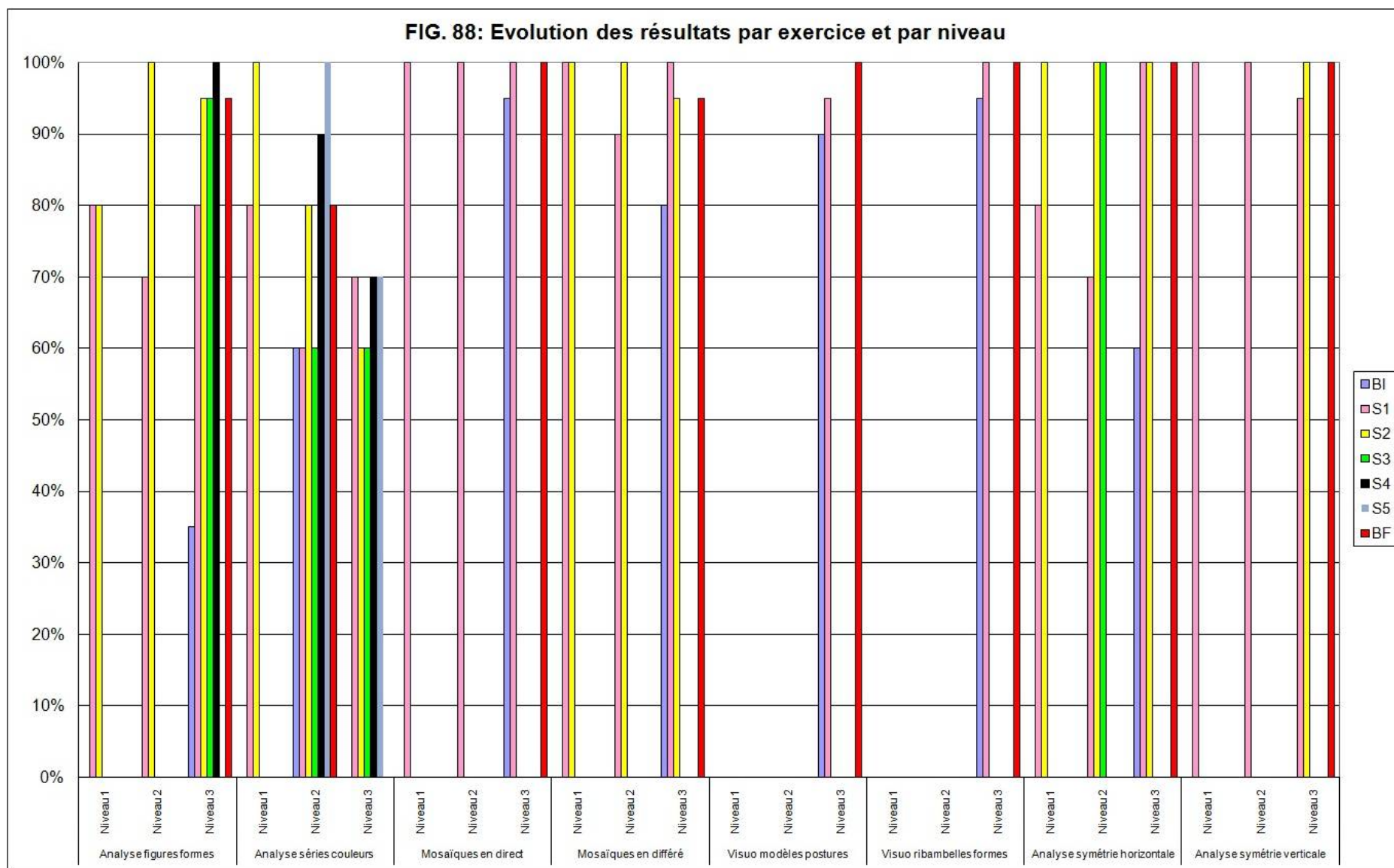


FIG. 87: «Analyse symétrie verticale»





- D'après ces graphiques, on peut constater une amélioration progressive des résultats lors de la rééducation pour les exercices suivants :
 - « Mosaïques en direct »,
 - « Analyse figures formes »,
 - « Analyse symétrie horizontale »,
 - « Analyse symétrie verticale ».
- Ainsi les résultats de ces quatre exercices sur les huit proposés montrent une amélioration progressive : les résultats augmentent au sein de chaque niveau de l'exercice.
- Pour deux autres exercices (« Analyse séries couleurs », « Mosaïques en différé ») on note des baisses des résultats au sein de la rééducation, qui rompent l'évolution, par ailleurs globalement favorable, des résultats. Ainsi pour chacun de ces exercices on note :
 - « Analyse séries couleurs » : une baisse en S2 et S3 pour le niveau 3,
 - « Mosaïques en différé » : une baisse en S2 pour le niveau 3,

Ces deux exercices font intervenir et travailler la mémoire visuelle et nécessitent de l'attention ainsi qu'un bon balayage visuel. Or TRI. présente de grandes difficultés d'attention et peine à balayer du regard l'écran tout entier. Cette difficulté pourrait donc expliquer l'aspect davantage fluctuant des résultats à ces deux exercices. Cependant les scores de ces deux exercices ayant augmenté, on peut tout de même supposer une amélioration de cette capacité d'attention chez TRI.

- Enfin, pour « visuo modèles postures » et « visuo ribambelles formes » on note une évolution également progressive en incluant les résultats des bilans initial et final, car ces exercices n'ont été proposés qu'une seule fois.
- De plus, on remarque une légère baisse lors du bilan final par rapport aux scores obtenus lors de la rééducation pour un exercice :
 - « Analyse figures formes » : 95% lors du bilan final alors que le score de 100% est obtenu lors de la rééducation,

- « Analyse séries couleurs » : 80% lors du bilan final alors que le score de 100% est obtenu lors de la rééducation,
- « Mosaïques en différé » : 95% lors du bilan final alors que le score de 100% est obtenu lors de la rééducation.

En conclusion, on constate des améliorations progressives présentes en majorité, qui aboutissent dans tous les cas à des scores au bilan final nettement plus élevés que lors du bilan initial. On note également des scores plus élevés aux deux épreuves classiques qui n'étaient pas réussies au mieux.

En somme, la rééducation via le logiciel aurait porté ses fruits chez TRI. non seulement au sein du logiciel lui-même, mais également lors des épreuves classiques.

IV. RESULTATS GENERAUX CHEZ LES TROIS ENFANTS

Voici deux tableaux représentant le premier les résultats de MAR., GAB. et TRI obtenus aux épreuves du logiciel lors du bilan initial, et le second lors du bilan final.

FIG. 89 : Résultats des trois enfants aux épreuves du logiciel lors du bilan initial

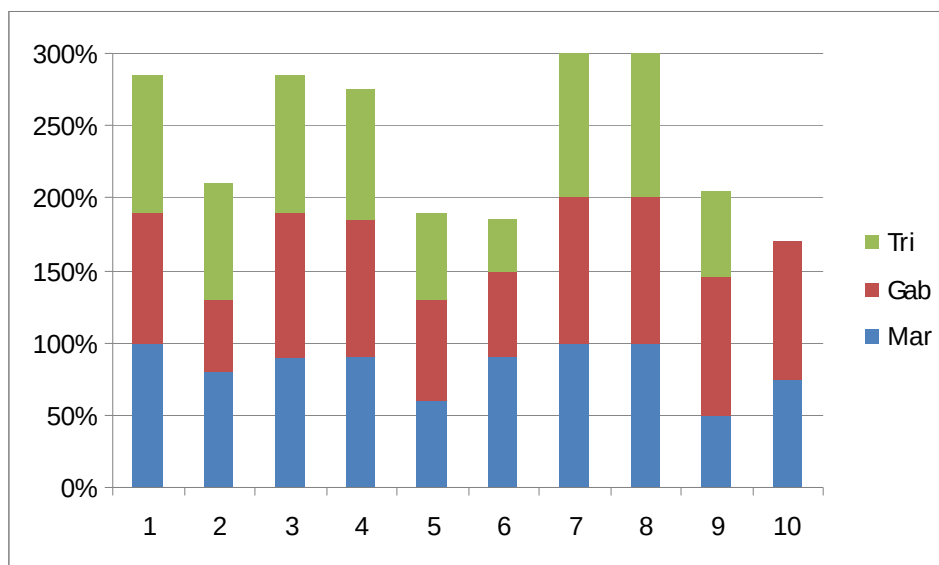
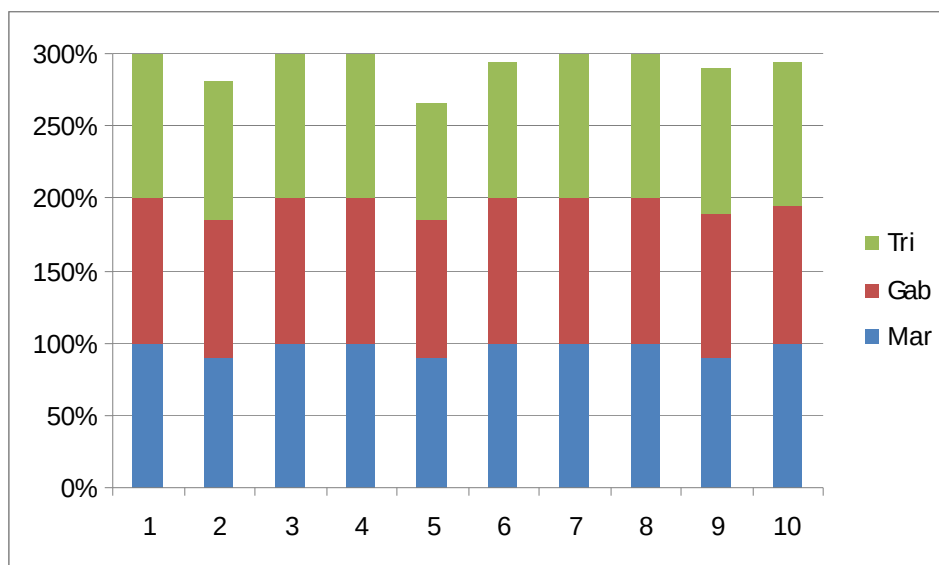


FIG. 90 : Résultats des trois enfants aux épreuves du logiciel lors du bilan final



Ces graphiques font apparaître :

- en premier lieu, une nette amélioration des résultats pour chacune des épreuves, notamment pour les épreuves 2, 5, 6, 9 et 10, et ce pour les trois enfants,
- puis un aspect plus homogène des résultats aux dix épreuves pour les trois enfants. Les enfants ont globalement progressé dans toutes les épreuves, et obtiennent de meilleurs résultats, compris entre 80 et 100% au bilan final, alors qu'ils étaient compris entre 0 et 100% lors du bilan initial.

Ainsi et plus globalement, l'utilisation du logiciel Neurowaken a permis une progression des capacités visuo-spatiales chez ces trois enfants, progression également retrouvée lors des épreuves classiques et qui montre bien une généralisation des notions relevant de ces capacités.

V. DISCUSSION

Intérêts et limites d'une rééducation des troubles visuo-spatiaux sur logiciel et plus précisément sur le logiciel Neurowaken

En conclusion de l'analyse des résultats, nous constatons que des progrès sont réalisés aussi bien sur le logiciel que lors des épreuves classiques du bilan final chez les trois enfants, et ce grâce aux dix séances de rééducation basées sur le logiciel Neurowaken.

On remarquera qu'il est possible d'objecter l'impact de l'environnement de chaque enfant sur l'amélioration de ses capacités visuo-spatiales. Ainsi l'entourage, l'école, les loisirs, les prises en charge diverses (psychomotricité, orthophonie, etc.) jouent un rôle dans les progrès réalisés. Cependant, la durée de la rééducation n'est que de dix semaines et amoindrit donc cet impact.

Il est également à noter qu'une rééducation de la sorte, composée de dix séances hebdomadaires consécutives basées essentiellement sur ce logiciel, ne peut constituer une rééducation orthophonique en elle-même. Elle a ici surtout eu pour fin d'évaluer ce matériel.

Enfin, même si grâce à ce matériel les enfants obtiennent dans cette étude de bons résultats, il est important de considérer les points positifs aussi bien que les points négatifs de ce type de matériel.

Pour ce faire nous avons élaboré deux questionnaires, l'un destiné aux parents, l'autre à l'enfant, afin d'obtenir plus précisément leur avis sur ce logiciel. (cf. annexes 5 et 6 pp. 210-212)

Analysons en premier lieu les réponses obtenues auprès des parents :

1. Tous les parents trouvent la navigation sur le site Neurowaken aisée, voire très aisée selon un parent.
2. Tous les parents considèrent la présentation des exercices comme agréable, voire très agréable selon deux parents. Tous les parents ont émis à cette question les observations suivantes :
 - les exercices sont agréables pour les enfants qui aiment travailler,
 - la présentation apporte un aspect ludique,

- certaines couleurs présentes dans les items sont trop proches les unes des autres et peuvent prêter à confusion.
3. Tous les parents décrivent les prescriptions d'exercices comme utiles, voire très utiles selon un parent. Deux parents émettent à cette question des observations :
 - ces prescriptions permettent de progresser plus rapidement,
 - ces prescriptions informent les parents sur la nature de la rééducation et ces derniers en perçoivent alors les progrès.
 4. Tous les parents étaient parfois présents auprès de leur enfant lors de la réalisation des exercices à la maison. Ainsi on note une nécessité d'assister l'enfant chez ces trois parents, qui fait apparaître un certain manque d'autonomie de l'enfant dû au logiciel.
 5. Deux parents sont parfois intervenus pour expliquer la consigne à leur enfant, qui aborde le processus de la lecture et qui ne parvient pas encore à lire seul.
 6. Un seul parent est intervenu pour aider son enfant à réaliser un exercice (« analyse séries couleurs ») car les couleurs intervenant dans ce dernier étaient trop proches selon ce parent.
 7. Deux parents déclarent aimer autant les exercices informatisés à la maison que les exercices traditionnels, chacun apportant des avantages et des inconvénients. Il est vrai que l'informatique fera partie intégrante de l'avenir des enfants, mais que ce faisant ces derniers « tendraient à perdre une certaine organisation matérielle ». Cependant, un des parents préfère les exercices informatisés car l'enfant prendrait plus d'initiatives et apprécierait davantage de travailler sur ce support que sur un support plus traditionnel.
 8. Tous les parents trouvent ce mode de bilan utile car il permettrait de connaître les résultats de façon plus précise. Cependant, selon un parent, il ne faut pas que les lacunes de l'enfant soient trop importantes.

9. Tous les parents considèrent ce mode de rééducation comme utile, à condition que l'enfant soit motivé selon un parent, et l'utilité fonctionnerait de pair avec l'aspect ludique du logiciel selon un autre parent.

Voyons maintenant les réponses des enfants :

1. Tous les enfants déclarent aimer réaliser les exercices du logiciel.
2. Tous les enfants considèrent ces exercices à réaliser comme un travail scolaire. Ainsi l'aspect ludique ne prime pas pour eux.
3. Deux enfants affirment pourtant qu'ils considèrent ces exercices comme des jeux.
4. Deux enfants aiment le petit bonhomme présent sur l'écran. En effet il s'agit d'un bonhomme qui émet une consigne écrite supplémentaire, et qui peut se transformer en étoile dépourvue d'informations. Le troisième enfant n'aime pas le fait qu'il se transforme en étoile, cela le perturbant.
5. Deux enfants souhaitent que ce petit bonhomme les aide. Le troisième étant l'enfant que le bonhomme perturbe.
6. De la même façon ces deux enfants aimeraient qu'il fasse du bruit en s'animant, le troisième refusant cela.
7. Les deux enfants aimeraient qu'il parle, le troisième enfant non.
8. Les deux enfants aiment les applaudissements et n'envisagent pas un autre bruit pour les encourager. Reste le troisième enfant qui ne souhaite pas entendre les applaudissements ou un bruit quelconque pour l'encourager.

Ainsi et à l'aide de ces réponses, nous allons tenter d'envisager les points forts et les points faibles de ce logiciel, et plus largement de l'outil informatique.

Tout d'abord attardons-nous sur le matériel informatique en général comme outil de rééducation chez des enfants ayant été porteurs ou porteurs d'une tumeur cérébrale. En

premier lieu voici les différents inconvénients pouvant être rencontrés lors de l'utilisation d'un outil informatique nécessitant un accès Internet:

- L'utilisation de l'ordinateur en elle-même est complexe pour un enfant et pour utiliser un matériel de rééducation informatisé il doit préférentiellement savoir utiliser un ordinateur, pour pouvoir manier la souris de manière aisée par exemple. En effet, certains enfants peuvent avoir une difficulté à déplacer la souris en regardant uniquement l'écran. L'enfant aura dans ce cas une tâche supplémentaire à gérer et cela pourra entraver l'accès au but de l'exercice.
- De plus, la rééducation s'effectuant lors d'une séance avec l'enfant mais également lorsque l'enfant réalise un ou plusieurs exercices recommandés par l'orthophoniste chez lui, il va de soi qu'il doit, pour ce faire, disposer d'un ordinateur. Or « au 4^e trimestre 2008, près de 15 millions de foyers français (14 998 000) ont accès à Internet, soit plus d'un foyer français sur deux (57,8%), contre 12,7 millions (49,4%) au 4^e trimestre 2007, soit une progression de 2 254 000 foyers (+18%) par rapport au 4^e trimestre 2007 » selon le communiqué de presse « L'audience de l'Internet en France » de décembre 2008. Ainsi, il est vrai que de plus en plus de foyers accèdent à une connexion Internet à domicile, ce qui rend ce logiciel novateur. Mais il reste encore une population non négligeable n'y ayant pas accès pour le moment, ce qui constitue une des principales limites de l'utilisation de l'outil informatique à domicile.

Néanmoins des avantages réels sont liés à l'utilisation de l'outil informatique au cours de la rééducation orthophonique, à savoir :

- L'absence de manipulation et/ou de graphisme, qui permet de travailler une capacité pouvant être entravée par une dyspraxie ou une possibilité motrice réduite.
- L'attention et le regard de l'enfant sont captés par l'écran. L'enfant digresse rarement vers une autre activité, notamment l'enfant ayant des difficultés attentionnelles.
- L'enfant associe souvent un travail sur ordinateur à un jeu, ou au contraire à un accès au « monde des grands » qui lui est désormais possible. De ce fait, l'enfant refuse rarement un tel mode de rééducation.

Considérons désormais les inconvénients et les avantages du logiciel Neurowaken. Voyons tout d'abord les points positifs et négatifs par rapport au patient, qui est l'enfant dans notre étude, puis les points faibles et forts de ce logiciel plus généralement. Par rapport à l'enfant nous avons pu noter ces inconvénients :

- Les paramétrages s'avèrent insuffisants pour s'adapter à chaque enfant. Ainsi le temps de réponse peut jouer en la défaveur d'un enfant qui ne manipule pas la souris de manière aisée, alors qu'il a trouvé la bonne réponse dans un délai très court.
- Les niveaux de difficulté sont établis selon le temps mis pour réaliser l'exercice et le nombre d'items à résoudre, mais non selon une difficulté liée aux items en eux-mêmes. Ainsi une hiérarchie dans les items serait peut-être utile afin d'obtenir un critère de difficulté supplémentaire, car certains enfants peuvent se sentir pris au dépourvu. Par exemple, au sein du niveau de difficulté numéro 1, le premier item rencontré peut être difficile et serait alors davantage à sa place à la fin de ce niveau.
- De plus, une consigne orale serait la bienvenue, s'ajoutant à la consigne écrite existante, même si l'exercice est censé être expliqué par l'orthophoniste et connu avant d'être réalisé seul à la maison. Car pour des enfants non-lecteurs ou débutants en lecture comme dans notre étude, il serait bon que l'enfant soit réellement autonome pour effectuer l'exercice.
- Enfin le bonhomme présent lors des exercices et se transformant parfois en étoile comporte trois inconvénients :
 - D'une part, lorsqu'il se trouve sous la forme de bonhomme il peut cacher certains des items proposés pour répondre à la question posée (comme dans « Visuo modèles postures », au niveau 3).
 - D'autre part, certains enfants ont envisagé le bonhomme comme une aide, et auraient aimé que ce dernier amorce la solution d'un item trop difficile, tel que lors de l'exercice « analyse figures formes », en plaçant correctement la première pièce du puzzle à reconstituer. Pour d'autres exercices un indice émanant du bonhomme serait également le bienvenu à la demande de l'enfant.
 - Enfin, un enfant a déclaré que le bonhomme le gêne. En effet, dans le cas de déficits visuo-spatiaux accompagnés de troubles de l'attention, certains enfants ne peuvent se retrouver confrontés à de trop nombreux stimuli visuels. Il est

donc préférable d'épurer ces derniers afin de recentrer l'attention sur la notion à travailler. Ainsi le petit bonhomme pourrait donc se présenter sous la forme d'option, et le patient choisirait donc de le faire figurer ou non sur l'écran.

Cependant le logiciel Neurowaken présente certains avantages :

- Ce logiciel est disponible en se connectant à un portail Internet, on peut donc accéder à cet outil depuis n'importe quel ordinateur relié à Internet. Par rapport à un logiciel qui peut être abîmé, défectueux ou encore perdu pour une raison ou pour une autre, une certaine garantie d'utilisation existe ici.
- Puis, il est possible de « prescrire » au patient un ou plusieurs exercices à réaliser à domicile. L'orthophoniste reçoit alors une alerte si le patient a rencontré des difficultés, et peut, dans tous les cas, consulter son score dès que le patient a réalisé l'exercice. Ceci permet donc à l'orthophoniste de s'adapter à la séance suivante plus rapidement.
- Ce logiciel présente également un aspect ludique. Par exemple, la présentation colorée et ludique des exercices à réaliser à la maison correspond à une carte avec des îles représentant les différents niveaux de l'exercice à effectuer (cf. FIG.19, p.81)
- Notre étude a ensuite montré l'efficacité du logiciel pour améliorer les capacités visuo-spatiales des enfants porteurs ou ayant porté une tumeur cérébrale.
- Enfin, ces progrès ont été retrouvés sur d'autres supports où la manipulation peut entrer en jeu, ce qui montre une fois encore l'efficacité du logiciel.

Enfin considérons les critiques (positives et négatives) du logiciel davantage liées à l'aspect commercial et novateur :

- Ce logiciel propose une prescription d'exercice(s) que le patient peut réaliser à domicile, s'il dispose d'un ordinateur ayant accès à Internet. Le patient réalise donc l'exercice seul, en ayant au préalable recueilli des explications et des conseils lors de la rééducation en présence de l'orthophoniste. Cet aspect novateur présente les avantages suivants : d'une part, le patient peut faire des progrès en séance mais également à la maison, donc progresser deux fois plus rapidement, d'autre part,

l'orthophoniste peut suivre les résultats du patient sans attendre la séance suivante. En effet, l'orthophoniste reçoit une alerte indiquant les résultats du patient à l'exercice prescrit. Ce logiciel présente donc l'avantage pour l'orthophoniste de pouvoir s'adapter à la séance suivante plus rapidement que par un contrôle de l'étape précédente réalisé en début de chaque séance, augmentant ainsi le temps de travail dévolu à la nouvelle séance.

- Cependant, afin de pouvoir utiliser ce logiciel chez soi, le patient doit souscrire à un abonnement personnel (9,90€/mois, avec un engagement minimum de 3 mois). On aurait pu penser du fait que l'orthophoniste prescrivant l'exercice et ayant donc souscrit lui-même à un abonnement (29,90€/mois avec un engagement minimum de 1 an, ou 298,90€/an), ce service serait compris dans ce dernier. La question de l'utilisation de ce logiciel orthophonique en profession salariale se pose également. Un forfait pourrait être proposé dans ce cas précis.

En conclusion, ce logiciel n'en étant qu'à sa première version, les inconvénients énoncés précédemment pourraient être pris en compte dans la seconde version et transformés en points forts supplémentaires. De plus, notre avis rejoint celui des parents quant au fait qu'une prise en charge traditionnelle ne doit pas être occultée, mais serait complémentaire de ce mode de rééducation. En effet, ce logiciel novateur offre une prise en charge originale et efficace, au vu des résultats obtenus par notre échantillon d'enfants.

Conclusion

Dans notre étude nous avons voulu évaluer l'outil informatique Neurowaken chez trois enfants présentant des déficits visuo-spatiaux dus à la présence d'une tumeur cérébrale. Pour ce faire, un protocole d'expérimentation a été mis en place. Il comporte un bilan initial et final, composé lui-même de deux types d'épreuves : d'une part, des exercices extraits du logiciel ayant joué le rôle d'épreuves, et, d'autre part des épreuves extraites de bilans classiques. Puis dix séances de rééducation hebdomadaires basées sur l'utilisation de ce logiciel ont été réalisées avec chacun de ces enfants.

Cette démarche nous a permis de mettre en évidence l'efficacité du logiciel sur ces types de déficits. En effet, nous avons analysé d'une part les résultats séance par séance afin de constater une éventuelle progression au fur et à mesure des séances pour chacun des enfants, et d'autre part les résultats aux bilans initial et final afin de déterminer ou non une évolution à l'issue des séances de rééducation. Enfin ces deux bilans permettent de comparer les résultats des épreuves sur logiciel par rapport aux résultats des épreuves classiques et permettent donc d'affirmer ou infirmer si d'éventuels progrès peuvent être constatés sur d'autres supports que le logiciel.

Nous avons donc pu observer de meilleurs résultats lors du bilan final par rapport au bilan initial chez les trois enfants, et ce pour la plupart des épreuves sur logiciel, sachant qu'aux autres épreuves les résultats n'ont ni augmenté, ni régressé.

De plus, une évolution progressive a été constatée chez les trois enfants pour la majorité des exercices ayant été réalisés au fur et à mesure des séances. Celle-ci confirme les résultats du bilan final et démontre une efficacité certaine du logiciel.

Puis, de meilleurs résultats ont été retrouvés aux épreuves classiques lors du bilan final, et ce chez les trois enfants. Ainsi la rééducation basée sur le logiciel a permis aux enfants de réaliser de réels progrès, observés sur d'autres supports que le logiciel lui-même.

Enfin, nous avons recueilli l'avis des parents et des enfants sur ce logiciel, et nous avons pu émettre alors des critiques à la fois positives (tels la possibilité de prescrire au patient des exercices à domicile, l'aspect ludique et efficace du logiciel) et négatives (notamment au

niveau des paramètres, de l'absence de consigne orale, ainsi que de l'abord commercial) qui pourraient être prises en compte dans la seconde version du logiciel, actuellement à l'étude. En effet, ce mémoire a, entre autres, pour but de présenter ces remarques et idées au concepteur du logiciel afin d'établir une seconde version qui corresponde davantage aux besoins des utilisateurs.

Cependant, notre étude s'est limitée à trois enfants, nous ne pouvons donc généraliser ces résultats, qui restent valables dans le strict cadre de notre mémoire.

De même, ces enfants sont, ou ont été porteurs de tumeurs cérébrales différentes ; les conséquences de ces tumeurs le sont donc également. En effet, leurs capacités visuo-spaciales sont atteintes, mais à des degrés divers et ne se manifestent donc pas de la même manière. Cette limite, qui ne permet pas d'établir un profil type d'enfant que la rééducation sur ce logiciel peut aider, permet néanmoins d'élargir le champ d'application de ce dernier.

Pour terminer, il serait intéressant en complément de ce travail, d'explorer davantage à la fois le logiciel et les différents troubles que les enfants porteurs d'une tumeur cérébrale peuvent présenter.

Puis, le logiciel offre également des exercices concernant les domaines du langage oral, du langage écrit, la neurologie et la phonologie qu'il serait bon de tester.

Enfin il est à savoir que très peu de recherches en orthophonie ont été effectuées sur les troubles cognitifs et langagiers dont peuvent souffrir les enfants porteurs ou ayant été porteurs d'une tumeur cérébrale. Ce type de pathologie représentant tout de même le quart des cancers chez l'enfant et le risque de conséquences cognitives et langagières étant élevé, il serait bon d'établir, non un unique profil d'enfant qui serait très difficile à obtenir de par les différentes tumeurs et localisations possibles, mais de réunir davantage d'informations sur les divers domaines touchés, ainsi que sur des moyens d'intervention possibles et bénéfiques chez ces enfants. Il s'agit donc d'un domaine qui ne demande qu'à être davantage exploré d'un point de vue orthophonique.

REPERES BIBLIOGRAPHIQUES

OUVRAGES

BOUCART M., HENAFF M.A., BELIN C., Société de Neuropsychologie de langue française, *Vision: aspects perceptifs et cognitifs*, Marseille: Solal, 1998, [Neuropsychologie].

LUSSIER F., FLESSAS J., VOYAZOPOULOS R., *Neuropsychologie de l'enfant : Troubles développementaux et de l'apprentissage*, Paris : Dunod, nouvelle présentation 2005, [Broché Psycho Sup].

MAZEAU M., *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant : du trouble à la rééducation*, Paris : Masson, 1995.

MAZEAU M., *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : Du symptôme à la rééducation*, Paris : Masson, 2005, [Broché Neuropsychologie Rééducation].

MORIN Y. et al., *Larousse médical*, Paris : direction éditoriale Claude Naudin Nicole Grumbach, 1995.

PHILIPPON J., *Tumeurs cérébrales, du diagnostic au traitement*, Paris : Masson, 2004.

WOLKENSTEIN P., *Neurofibromatoses*, Doin Editeurs, 2003, [Broché Collections Conduites].

ARTICLES

BADDELEY A.D., HITCH G.J., Working Memory, *Recent Advances in learning and motivation*, 1974, vol. 8, pp. 47-89, New York, Academic Press.

BADDELEY A.D., The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 2000, pp.417-423.

BURSZTYN J., RODRIGUEZ D., Intérêt d'une consultation multidisciplinaire de neurofibromatose de l'enfant, *Journal français d'ophtalmologie*, 1999, n°22, vol. 9, pp.959-962, Paris, Masson.

CHAIX Y. Apports de la recherche dans la compréhension des troubles des apprentissages dans la neurofibromatose de type 1, *Archives de pédiatrie*, 2004, vol. 11, pp.548-549, Paris, Elsevier SAS.

- D'ANDON A, KALIFA C. *et al.*, Gliomes de bas grade ou astrocytomes,
Les tumeurs du système nerveux central, 2005,
Institut Gustave-Roussy.
- ELDRIDGE R.*et al.*, Neurofibromatosis Type 1 (Recklinghausen's Disease), Neurologic and
Cognitive Assessment With Sibling Controls,
American Journal of Diseases of Children (AJDC), 1989, vol 143, pp. 833-837.
- ENCYCLOPEDIE ORPHANET GRAND PUBLIC et WOLKENSTEIN P, LFCN (Ligue
Française Contre les Neurofibromatoses), AFCG (Association Française des Conseillers
en Génétique) et ANR (Association Neurofibromatoses et Recklinghausen),
Neurofibromatose 1, Maladie de Von Recklinghausen
Encyclopédie Orphanet, Novembre 2006.
- GAUTHERON V., PALAYER C. *et al.*, Intérêt d'une rééducation précoce de l'enfant atteint
de tumeur cérébrale,
Soins de support en oncologie pédiatrique,
Lyon, 2006.
- GRILL J. et KIEFFER-RENAUX V., Séquelles neuropsychologiques des enfants traités pour
tumeur cérébrale : évaluation et facteurs de risque,
Archives de pédiatrie, 1998, vol. 5, n° 2, pp. 213-239, pp. 167-173.
- INSERM, Repérage visuel dans l'espace : des éclaircissements sur les zones du cerveau
impliquées,
Communiqué de presse, 2005.
- LAROUSSINIE F., Intégration scolaire des enfants soignés d'une tumeur cérébrale.
Dispositions pratiques,
Médecine thérapeutique pédiatrie, 2004, vol. 7, n° 5-6, pp. 381-384,
Montrouge, Libbey-Eurotext.
- NENESTEAU J., Déficits Neuro-développementaux de l'Hémisphère Droit et Troubles des
Communications Non-Verbales,
Entretiens de Psychomotricité, 2007, pp. 3-17,
Paris : Expansion Formation et Editions.
- PINSON S., La neurofibromatose de type 1 (NF1), ou maladie de Von Recklinghausen
Encyclopédie Orphanet, 2001.
[Professeur Loïc Guillevin (éditeur scientifique)]
- PINSON S., PLAUCHU H., VIDAUD D., WOLKENSTEIN P. *et al.*, Neurofibromatose de
type 1 ou maladie de Recklinghausen,
Les cahiers du diagnostic génétique, 2001, fiche de synthèse des données scientifiques
utiles au Conseil Génétique, Inserm (Institut national de la santé et de la santé médicale –
Comités d'Interface).
- RICCARDI V.M., Von Recklinghausen neurofibromatosis,
New England Journal of medicine, 1981, n°305, pp.1617-1626.

SCHRIMSHER G.W., BILLINGSLEY R.L. *et al.*, Visual-Spatial Performance Deficits in Children With Neurofibromatosis Type-1
American Journal of Medical Genetics, 2003, vol. 120A, pp.326-330.

DE SCHOTTEN M.T. et BARTOLOMEO P., Neuro-anatomie du traitement de l'espace,
M/S : médecine sciences, 2006, vol. 22, n°2, pp. 105-107.

THIERRY C., HARTMANN O., L'enfant guéri d'une tumeur cérébrale : séquelles et problèmes scolaires,
Journal pédiatrique, 1999, vol. 12, pp.100-106.

TOLNAY M., Neuropathologie des tumeurs cérébrales gliales,
Forum Médical Suisse, 2002, n°29-30.

WOLKENSTEIN P., PINSON S. *et al.*, Neurofibromatose 1 : recommandations de prise en charge
Archives pédiatriques, 2002, vol. 9, p.49-60,
Paris : Editions scientifiques et médicales (Elsevier SAS et Masson Editeur).

WOLKENSTEIN P., ZELLER J., Neurofibromatose 1
Thérapeutique dermatologique, 2001,
Médecine-Sciences Flammarion.

WOLKENSTEIN P., La neurofibromatose 1,
Médecine/Sciences, 2001, n°11, vol 17, pp.1158-1167.

ZOÏ KAPOULA SAINTE FARE GARNOT, Mobilité du regard et troubles de la lecture,
Pour la science, Mai 2004, n° 319, pp.74-80.

ZUCCHINELLI V., BOUFFET E., Le devenir scolaire des enfants traités pour une tumeur cérébrale. Etude monocentrique de 27 enfants.
Archives pédiatriques, 2000, vol. 7, pp.933-941.

PERIODIQUE

L'œil et le cerveau

Les dossiers de Science & Vie Junior, 2003, dossier hors-série n° 51, pp.9-22.
Science & Vie Junior.

MEMOIRES

- ALOZY C., BEAUVILLE-NOEL I., COMPERE H. *Neurofibromatose de type 1 et troubles des apprentissages, pour une recherche de troubles d'apprentissage spécifique*, Mémoire d'orthophonie, Toulouse, 1996, 2 vol., 114 ; 134 f.
- BULTEL L., FERRON G., *Les difficultés d'apprentissage du langage dans la neurofibromatose de type 1*, Mémoire d'orthophonie, Médecine, Nantes, 2006, 1 vol., 116 f.
- DECAUVILLE C., LE BOUILL K., *Evaluation orthophonique de sept patients atteints de tumeurs cérébrales. Effets des traitements radiothérapique et chimiothérapique sur les fonctions cognitives*, Mémoire d'orthophonie, Paris, 2004, 154 f.
- FEVRIER A., ROUSSEAU G., *Les traitements visuels et attentionnels dans les troubles d'apprentissage*, Mémoire d'orthophonie, Marseille, 2008, 41 f.
- LEMOINE V., *Les troubles d'apprentissage dans la neurofibromatose de type 1*, Mémoire d'orthophonie, Nantes, 1996, 179 f.
- LEVY-PIEDBOIS C., *Séquelles de l'irradiation de la fosse postérieure pour tumeur chez l'enfant*, Mémoire pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'Oncologie Pédiatrique, Paris, 1996.
- PATAUD S., *Elaboration d'un protocole d'évaluation des fonctions cognitives des adultes atteints de la neurofibromatose de type 1*, Mémoire d'orthophonie, Paris, 2000, 3 vol., 142-21-35 f.
- SIMOE S., *Observation des effets d'un entraînement visuo-moteur et spatial chez les enfants dyslexiques et dysgraphiques*, Mémoire d'orthophonie, Marseille, 2008, 53 f.

DOCUMENT VIDEO

- CHASTAGNER P., *NF1 et risque tumoral: quelle surveillance?*
Powerpoint exposé lors de la semaine médicale de Lorraine, 2004.

AUTRE

- GRATTON, LACHANCE, MORIN et THOMAS, *Facteurs de risque associés à la déficience motrice ou organique*, Document de travail, 2006.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Glossaire

ANNEXE 2 : Liste des tableaux

ANNEXE 3 : Liste des figures

ANNEXE 4 : Descriptif des différentes tumeurs cérébrales

ANNEXE 5 : Questionnaire pour les enfants

ANNEXE 6 : Questionnaire pour les parents

Annexe 1

Glossaire

Anaplasie : Perte des caractères morphologiques et fonctionnels des cellules du tissu originel, qui s'observe dans les tumeurs malignes. Selon son degré de ressemblance avec le tissu où elle a pris naissance, une tumeur est qualifiée de différenciée ou d'indifférenciée : l'anaplasie est le degré ultime de l'indifférenciation.*

Cyphoscoliose : Double déformation de la colonne vertébrale, associant une déviation latérale (scoliose) et une déviation à convexité postérieure (cyphose).*

Désoxyhémoglobine : En milieu plus acide, l'hémoglobine fixe des protons ce qui inhibe la fixation de l'oxygène (effet Bohr). L'hémoglobine se présente alors sous la forme désoxygénée ou désoxyhémoglobine.**

Ependymome : Tumeur généralement bénigne du système nerveux central développé à partir de l'épendyme. Les épendymomes s'observent à tout âge, mais sont plus fréquents chez l'enfant et l'adolescent. Lorsqu'ils se situent sur les ventricules cérébraux (le quatrième ventricule est le siège le plus fréquent), ils peuvent entraîner un blocage de l'écoulement du liquide céphalorachidien et causer une hydrocéphalie. Les localisations dans la moelle épinière sont également possibles et sont révélées par des signes de souffrance médullaire (troubles moteurs, sensitifs, parfois syndrome syringomyélique). Ces tumeurs, les plus souvent bénignes, sont susceptibles de s'étendre dans le système nerveux. Le diagnostic repose sur l'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.). Le traitement, neurochirurgical, consiste en l'ablation de l'épendymome.*

Exophtalmie : Saillie du globe oculaire hors de son orbite. *

* LAROUSSE MEDICAL, 1995.

** <http://www.eao.chups.jussieu.fr>.

Gliome : Variété de tumeur du système nerveux central (encéphale et moelle épinière) développée aux dépens des cellules gliales (cellules assurant la protection et la nutrition des cellules nerveuses). Les gliomes sont les plus fréquentes des tumeurs primitives du système nerveux central chez l'adulte. Ils regroupent différents types de tumeurs cérébrales, bénignes (astrocytomes, oligodendrogliomes) ou malignes (glioblastomes).*

Hémangioblastome (ou angioblastome) : Tumeur cérébrale vasculaire, le plus souvent bénigne.*

Médulloblastome : Tumeur maligne de la région postérieure de l'encéphale. Le médulloblastome est assez fréquent parmi les tumeurs malignes cérébrales de l'enfant, chez lequel il représente un tiers des tumeurs de la fosse postérieure (région du crâne située en arrière et immédiatement au-dessus du cou). *

Méningiome : Tumeur bénigne se développant aux dépens de l'arachnoïde, feuillet moyen des méninges (enveloppes du système nerveux central).*

Myéline : Substance composée de lipides et de protéines, gainant certaines fibres nerveuses. Les cellules de soutien et de protection des cellules nerveuses, oligodendrocytes dans le système nerveux central et cellules de Schwann dans le système nerveux périphérique, sont responsables de la formation de la myéline: durant la vie embryonnaire et la petite enfance, ces cellules se placent les unes à la suite des autres le long d'une fibre nerveuse et s'enroulent autour d'elle en spirale serrée, formant la myéline. La fonction de la myéline est d'augmenter considérablement la vitesse de conduction des messages (influx nerveux, ou potentiel d'action). Dans les nerfs, les fibres myélinisées sont plus rapides que les autres. Dans le système nerveux central, la myéline constitue la substance blanche, dont le rôle fondamental est la conduction des messages vers les zones de substance grise, où s'effectue le traitement des informations. *

* Op.cit.

Neurinome : Tumeur bénigne d'un nerf. Un neurinome se développe à partir des cellules de Schwann, qui élaborent normalement la gaine de certaines fibres contenues dans les nerfs. Il atteint surtout les nerfs crâniens et, dans une moindre mesure, les nerfs rachidiens.*

Nystagmus : Phénomène spontané ou provoqué, congénital ou acquis, caractérisé par des mouvements involontaires et saccadés des yeux, de faible amplitude, le plus souvent horizontaux, mais parfois verticaux ou circulaires. Un nystagmus peut être de nature physiologique ou pathologique.*

Potentiels évoqués visuels : Consiste à stimuler les yeux par un flash lumineux ou par un écran noir et blanc lumineux dessinant un damier, qui est placé dans une cabine et qui constitue la seule source de lumière perceptible par le patient. Les électrodes sont posées sur le cuir chevelu, dans la zone de l'occiput, et enregistrent l'activité du cerveau.*

Spectroscopie : Technique de mise en évidence des spectres de certaines molécules composant la matière vivante. La spectroscopie par résonance magnétique (S.R.M.) se sert d'une propriété des atomes, la résonance magnétique nucléaire (R.N.M.). Le principe de base est le même que pour l'imagerie par résonance magnétique (I.R.M) : la région anatomique ou le matériel (échantillon) étudiés, placés dans un champ magnétique intense et soumis à un courant de radiofréquence, réémettent celle-ci. Dans le cas de la spectroscopie, les ondes émises sont représentées sous la forme d'un spectre, chacune des ondes dessinant une raie verticale. Par un procédé informatique complexe, on peut d'une part doser la substance émettrice, d'autre part vérifier si la composition chimique du matériel étudié est normale.*

Xanthogranulome : Maladie caractérisée par une éruption de lésions cutanées d'aspect tumoral, infiltrant le tissu adipeux. D'origine inconnue, ces lésions contiennent des cellules inflammatoires et des globules blancs, les macrophages, riches en corps gras*

* Op.cit.

Annexe 2

Liste des tableaux

TAB. 01 : Classification des gliomes* selon l’OMS d’après leur degré de gravité	25
TAB. 02 : Facteurs de risque de séquelles neuropsychologiques, d’après GRILL et KIEFFER-RENAUX	42
TAB. 03 : Fréquences des manifestations et des complications en fonction de l’âge selon WOLKENSTEIN et ZELLER	60
TAB. 04 : L’échantillon de la population	71
TAB. 05 : Exercices effectués pour chaque enfant lors des 10 séances de rééducation	74
TAB. 06 : Critères observés selon les planches du test des mosaïques de BOREL-MAISONNY	88
TAB. 07 : Description des épreuves classiques et de leurs épreuves informatiques correspondantes	104
TAB. 08 : Résultats de MAR. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	125
TAB. 09 : Evolution des résultats de MAR.	130
TAB. 10 : Résultats de GAB. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	146
TAB. 11 : Evolution des résultats de GAB.	151
TAB. 12 : Résultats de TRI. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	169
TAB. 13 : Evolution des résultats de TRI.	174

Annexe 3

Liste des figures

FIG. 01 : Organisation fonctionnelle des voies visuelles d'après MAZEAU	15
FIG. 02 : Etapes du traitement de l'information visuelle d'après MAZEAU	17
FIG. 03 : Schéma explicatif de la mémoire de travail selon BADDELEY et HITCH, 1974	19
FIG. 04 : Schéma explicatif revu et modifié de la mémoire de travail selon BADDELEY, 2000	20
FIG. 05 : Récapitulatif des différents types de tumeurs cérébrales (cf. annexes p.)	28
FIG. 06 : Fréquence des tumeurs cérébrales chez l'enfant en fonction de l'âge selon PHILIPPON	29
FIG. 07 : Tache café au lait de grand taille	50
FIG. 08 : Neurofibromes cutanés multiples	51
FIG. 09 : Neurofibrome plexiforme	52
FIG. 10 : Ephélides axillaires	53
FIG. 11 : Gliome du nerf optique droit	54
FIG. 12 : Hamartomes iriens ou nodules de Lisch	55
FIG. 13 : Tibia arqué congénital	56
FIG. 14 : Scalloping vertébral	57
FIG. 15 : Page d'accueil de Neurowaken	78
FIG. 16 : Interface dédiée à l'orthophoniste	79
FIG. 17 : Interface dédiée au patient	79
FIG. 18 : Page de prescription au patient	80
FIG. 19 : Page d'accès aux exercices sur l'interface du patient	81
FIG. 20 : Page de suivi de prescription sur l'interface de l'orthophoniste	81
FIG. 21 : Page de sélection des exercices et de leur niveau de difficulté	83
FIG. 22 : Déroulement d'un exercice avec temps d'exposition	85
FIG. 23 : Déroulement d'un exercice sans temps d'exposition	86
FIG. 24 : Exemple de mosaïque à compléter : planche n°1 du test des mosaïques	89
FIG. 25 : « Mosaïques en normal »	90
FIG. 26 : « Mosaïques en différé »	90
FIG. 27 : Exemple des planches BINET-SIMON	91
FIG. 28 : « Visuo modèles postures »	92
FIG. 29 : Exemple d'un train à associer, puis à reproduire	93
FIG. 30 : « analyse séries couleurs »	94
FIG. 31 : Exemple de modèle à reproduire	95
FIG. 32 : « Analyse figures formes »	95
FIG. 33 : Les trois séries de LURIA	96
FIG. 34 : « visuo ribambelles formes »	97
FIG. 35 : Un exemple de série avec intrus	98
FIG. 36 : Un exemple de modèle à retrouver dans une série	98
FIG. 37 : « Visuo intrus signes »	99
FIG. 38 : « Visuo modèle objets »	99
FIG. 39 : Exemple de figures à considérer comme identiques ou différentes	100
FIG. 40 : « Analyse symétrie horizontale »	102
FIG. 41 : « Analyse symétrie verticale »	102
FIG. 42 : Réalisation des séries de LURIA de MAR. au bilan initial	115
FIG. 43 : Réalisation des séries de LURIA de MAR. au bilan final	116
FIG. 44 : Item de « mosaïques » auquel MAR. échoue au bilan initial	118
FIG. 45 : Exemple d'item d' « analyse séries couleurs » auquel MAR. échoue au bilan initial	121
FIG. 46 : Exemple d'image d' « analyse figures formes » auquel MAR. échoue au bilan initial	122

FIG. 47 : Représentation des résultats de MAR. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	125
FIG. 48 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour MAR.	126
FIG. 49: «Analyse figures formes»	132
FIG. 50: «Analyse séries couleurs»	132
FIG. 51: «Analyse séries lettres»	132
FIG. 52: «Analyse séries chiffres»	132
FIG. 53: «Analyse symétrie horizontale»	133
FIG. 54: «Analyse symétrie verticale»	133
FIG. 55: «Association logique formes»	133
FIG. 56: «Mosaiques en différé»	133
FIG. 57 : Evolution des résultats par exercice et par niveau	134
FIG. 58 : Réalisation des séries de LURIA de GAB. au bilan initial	139
FIG. 59 : Réalisation des séries de LURIA de GAB. au bilan final	140
FIG. 60 : Item des « mosaïques » auquel GAB. échoue au bilan final	142
FIG. 61 : Item d' « analyse figures formes » auquel GAB. échoue au bilan initial	144
FIG. 62 : Représentation des résultats de GAB. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	146
FIG. 63 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour GAB.	147
FIG. 64: «Analyse figures formes»	153
FIG. 65: «Analyse séries couleurs»	153
FIG. 66: «Analyse séries lettres»	153
FIG. 67: «Analyse séries chiffres»	153
FIG. 68: «Mosaiques en direct»	154
FIG. 69: «Mosaiques en différé»	154
FIG. 70: «Visuo modèles postures»	154
FIG. 71: «Analyse symétrie verticale»	154
FIG. 72: Evolution des résultats par exercice et par niveau	155
FIG. 73 : Réalisations de TRI. pour chacun des puzzles	161
FIG. 74 : Réalisation des séries de LURIA de TRI. au bilan initial	162
FIG. 75 : Réalisation des séries de LURIA de TRI. au bilan final	162
FIG. 76 : Item des « mosaïques » auquel TRI. échoue au bilan final	164
FIG. 77 : Item de « visuo ribambelles formes » auquel TRI. échoue au bilan initial	165
FIG. 78 : Représentation des résultats de TRI. aux épreuves extraites du logiciel lors des bilans initial et final	169
FIG. 79 : Comparatif du nombre d'erreurs par épreuve pour TRI.	170
FIG. 80: «Analyse figures formes»	176
FIG. 81: «Analyse séries couleurs»	176
FIG. 82: «Mosaiques en direct»	176
FIG. 83: «Mosaiques en différé»	176
FIG. 84: «Visuo modèles postures»	177
FIG. 85: «Visuo ribambelles formes»	177
FIG. 86: «Analyse symétrie horizontale»	177
FIG. 87: «Analyse symétrie verticale»	177
FIG. 88: Evolution des résultats par exercice et par niveau	179
FIG. 89 : Résultats des trois enfants aux épreuves du logiciel lors du bilan initial	181
FIG. 90 : Résultats des trois enfants aux épreuves du logiciel lors du bilan final	181

Annexe 4

Descriptif des différentes tumeurs cérébrales

1. Les tumeurs gliales

Les tumeurs gliales, comme d'autres tumeurs et outre leur classification par grade, peuvent être également classées selon leur caractère diffus. C'est selon ce critère de plus ou moins bonne circonscription de la tumeur que nous allons procéder à la description des astrocytomes, un des cinq types de tumeurs gliales avec les oligodendrogliomes, les tumeurs mixtes, les gliomes du tronc cérébral et les gliomes du nerf optique.

1.1. Les astrocytomes

Les astrocytomes sont des tumeurs se développant à partir des cellules situées autour des neurones : les astrocytes. Ces astrocytomes sont très nombreux et divers, et leur manifestation s'accompagne de signes variés, selon leur siège. On distingue les astrocytomes diffus et les astrocytomes non-diffus.

- Les astrocytomes non-diffus

Dans cette catégorie figurent les astrocytomes pilocytiques et les astrocytomes à cellules géantes.

- Les astrocytomes pilocytiques

Ces tumeurs siègent en général au niveau du cervelet et des voies optiques, mais elles peuvent prendre place également à tout autre endroit du système nerveux central. L'évolution est imprévisible de par sa forte variabilité. Elle est cependant lente dans la majorité des cas, ce qui les situe au grade I.

- Les astrocytomes à cellules géantes

Ces astrocytomes proviennent de l'astrocyte géant, qui est une cellule spécifique possédée par un sujet atteint de la sclérose tubéreuse de Bourneville. Le pronostic s'avère excellent et correspond au grade I.

- les astrocytomes diffus

Il existe trois types d'astrocytomes diffus : les astrocytomes fibrillaires, anaplasiques et les glioblastomes.

- Les astrocytomes fibrillaires

Ces astrocytomes siègent préférentiellement au niveau du tronc cérébral et se caractérisent par leur capacité d'infiltration. Ces tumeurs possèdent une évolution plus rapide que les astrocytomes pilocytiques, elles se situent donc au grade II, et ont un pronostic plus péjoratif.

- Les astrocytomes anaplasiques

Il s'agit d'astrocytomes de haut grade (grade III). Le haut degré de malignité leur confère un mauvais pronostic et une exérèse complète est préconisée, bien que difficile à réaliser en raison du caractère diffus de la tumeur. Elle reste cependant le principal moyen d'améliorer le pronostic.

- Les glioblastomes

Les zones nécrotiques et hémorragiques, le caractère diffus et malin de ces tumeurs font d'elles les tumeurs cérébrales les plus graves (grade IV) et présentant le moins bon pronostic.

Ainsi se lie au caractère diffus des astrocytomes le plus souvent un mauvais pronostic.

On constatera une durée de survie à cinq ans de 90% pour un astrocytome de bas grade, de 30% pour un astrocytome anaplasique et de 10% pour un glioblastome.

1.2. Les oligodendrogliomes

Ces tumeurs sont issues des oligodendrocytes qui sont des cellules productrices de myéline. Il s'agit d'un type de tumeur particulièrement infiltrante, classée en deux grades A et B par DAUMAS-DUPORT qui les a répertoriées selon leur histologie et leur prise de contraste.

Leur présence se manifeste souvent par des crises d'épilepsie, notamment lorsque ces tumeurs appartiennent au grade II. Ils peuvent être anaplasiques (grade III) ou non selon leur plus ou moins forte activité mitotique.

La chirurgie sera recommandée, et pourra être suivie ou non d'une radiothérapie suivant la qualité de la résection.

1.3. Les tumeurs mixtes ou oligoastrocytomes

Elles regroupent les tumeurs constituées à la fois de cellules astrocytaires et d'oligodendrocytes ayant proliféré. Ils peuvent être de grade II ou de grade III s'il s'agit d'oligoastrocytome anaplasique. Ces tumeurs mixtes sont plus fréquentes que les oligodendrocytomes seuls.

1.4. Les gliomes du tronc cérébral

Les gliomes du tronc cérébral touchent les enfants plus particulièrement entre cinq et dix ans. Ils peuvent être, de façon plus générale, de bas comme de haut grade. L'exérèse est souvent à bannir pour les gliomes de haut grade, s'avérant trop délicate. La radiothérapie et la chimiothérapie peuvent alors intervenir. Le pronostic est particulièrement sombre en cas de haut grade avec un taux de survie à cinq ans inférieur à 5%.

1.5. Les gliomes du nerf optique

Ils constituent 6% des tumeurs cérébrales chez l'enfant et apparaissent le plus souvent chez l'enfant de moins de six ans. Les cellules atteintes se situent en général le long du nerf optique, et aux environs du chiasma et de l'hypothalamus. Ils font partie des astrocytomes de bas grade, étant le plus souvent des astrocytomes pilocytiques.

Il en existe trois types :

- le gliome de type I correspond à une tumeur d'évolution lente (de grade I ou II). La tumeur ne touche que le nerf optique,
- le gliome de type II correspond à une infiltration du chiasma qui se rajoute à l'atteinte initiale du nerf optique,

- le gliome de type III correspond à une tumeur qui se diffuse davantage aux tissus environnants, notamment l'hypothalamus.

Il est à noter qu'une neurofibromatose de type 1 est à l'origine du gliome du nerf optique dans un cas sur deux. Cette association des gliomes des voies optiques à la NF1 améliore le pronostic dans le sens où l'évolution du gliome s'avèrera plus lente.

La chirurgie est un moyen de traitement efficace mais dangereux car elle peut endommager les voies optiques. La radiothérapie est également efficace mais entraîne de trop lourdes séquelles. Ainsi la chimiothérapie sera entreprise lorsque les gênes seront trop grandes (baisse de l'acuité visuelle et troubles de la vision).

2. Les tumeurs embryonnaires

Ces tumeurs représentent 40% des tumeurs cérébrales primitives chez l'enfant.

On distingue quatre types de tumeurs :

2.1. Les tumeurs neuro-ectodermiques primitives ou PNET (Primitive neuroectodermal tumors)

Se manifestent le plus souvent les médulloblastomes lorsque la tumeur siège dans la fosse postérieure, plus rarement les pinéloblastomes lorsqu'elle se situe dans la région pinéale (partie postérieure du 3^e ventricule) et les PNET sus-tentorielles si elle se localise ailleurs que dans la fosse postérieure.

Les médulloblastomes surviennent en moyenne à l'âge de six ans et constituent 10 à 20% des tumeurs cérébrales chez l'enfant. Elles siègent le plus souvent dans la fosse postérieure. Une IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) doit être faite pour détecter des métastases présentes dans la moitié des cas.

On distingue les médulloblastomes « à risque standard » qui ne sont pas accompagnés de métastases et dont l'exérèse est complète, des médulloblastomes « à haut risque » qui sont eux accompagnés de métastases.

Les médulloblastomes sont radiosensibles et chimiosensibles, mais les séquelles de ces deux traitements sont importantes.

2.2. Les tumeurs rhabdoïdes et teratoïdes atypiques

Ces tumeurs peuvent siéger à n'importe quel endroit du système nerveux central. Les cellules tumorales se divisent très rapidement et confèrent donc un pronostic péjoratif à cette atteinte qui survient généralement chez l'enfant de moins de trois ans.

2.3. Les médulloépithéliomes

Ces atteintes tumorales exceptionnelles ne sont pas diffuses, mais siègent dans le corps ciliaire et sont souvent accompagnées d'une rubéose de l'iris. La tumeur envahit localement l'œil qui ne peut généralement pas être sauvé.

2.4. Les épendymoblastomes

Les tumeurs siègent dans les hémisphères cérébraux et touchent généralement les jeunes enfants.

3. Les épendymomes

Ces tumeurs se développent sur le tissu des cavités ventriculaires et constituent 10% des tumeurs cérébrales primitives chez l'enfant. Elles peuvent être de grade II si elles sont circonscrites ou de grade III dans le cas inverse. L'épendyme, qui permet l'écoulement du liquide céphalo-rachidien (LCR), peut être touché à n'importe quel endroit du système nerveux central. Il est à noter que la partie sous-tentorielle est davantage le siège de cette tumeur chez l'enfant. La chirurgie est recommandée, suivie ou non de radiothérapie suivant l'âge de l'enfant, ainsi que de chimiothérapie.

Comme les gliomes, ils sont classés selon quatre grades : les grades I et II étant les grades « bénins », et les grades III et IV étant les grades « malins » ou encore « anaplasiques ».

Ces cellules tumorales peuvent disséminer à d'autres cellules voisines.

On en compte quatre types :

- les épendymomes myxopapillaires,
- les épendymomes subépendymaires (rares),
- les épendymomes,
- les épendymomes anaplasiques.

4. Les autres tumeurs

D'autres tumeurs existent et ne rentrent pas dans une catégorie définie. On note :

- Les tumeurs dysembryoplasiques

Ces tumeurs prennent source en dehors du système nerveux central. Elles ne sont pas infiltrantes, mais leur parenchyme est imbriqué dans le parenchyme nerveux, ce qui implique un traitement par chirurgie.

Il en existe trois types : les craniopharyngiomes, les tumeurs neuroépithéliales dysembryoplasiques et les différents kystes.

- Les craniopharyngiomes

Il s'agit des tumeurs dysembryoplasiques les plus fréquentes. Elles entraînent des troubles visuels souvent accompagnés de troubles endocriniens qui s'avèrent irréversibles et importants. La principale manifestation reste cependant l'hydrocéphalie. L'évolution de ces tumeurs est lente ce qui les catégorisent comme des tumeurs bénignes. Le traitement préconisé sera le geste chirurgical, à une ou deux reprises, afin de retirer le maximum de tissu tumoral. Le reste de la tumeur sera irradié.

- Les tumeurs neuroépithéliales dysembryoplasiques ou DNET (Dysembryoplasie Neuroepithelial Tumor)

Ces tumeurs bénignes d'évolution lente sont intracorticales et circonscrites. La principale manifestation est l'épilepsie partielle et la chirurgie sera recommandée si les crises s'avèrent rebelles au traitement médicamenteux. Ces crises disparaîtront dans 70% des cas environ.

- Les différents kystes
 - les kystes de la poche de Rathke (résidus embryologiques),
 - les kystes dermoïques (situés sur la ligne médiane),
 - les kystes épidermoïques (constitués d'épithélium squameux et de kératine),
 - les hamartomes et kystes neurogliaux,
 - les kystes colloïdes (rares chez les enfants).
 - Les tumeurs germinales

Ces tumeurs sont localisées le long de la ligne médiane.

On peut distinguer les germinomes présents dans 60% des cas, des tumeurs non-germinomateuses embryonnaires ou extra-embryonnaires.

- Les tumeurs des plexus choroïdes

Ces tumeurs représentent 1% des tumeurs cérébrales chez l'enfant et se logent dans les ventricules. Elles se manifestent par une hydrocéphalie dès la naissance. Le geste chirurgical est particulièrement recommandé. On distingue les papillomes de bon pronostic et les carcinomes de pronostic beaucoup plus péjoratif.

- Les tumeurs neuronales et glioneuronales

Ces tumeurs affectent rarement le jeune enfant et sont davantage présentes chez l'adolescent. Elles sont bien délimitées et permettent une exérèse.

- Les tumeurs extra-cérébrales

On distingue trois types de tumeurs extra-cérébrales : les méningiomes, les neurinomes et les tumeurs osseuses.

- Les méningiomes

Ces tumeurs sont très rares chez l'enfant et sont le plus souvent observées chez les patients atteints de neurofibromatose de type 2. L'exérèse suivie de la radiothérapie seront les traitements préconisés.

- Les neurinomes ou schwannomes

Ces atteintes tumorales seront également présentes chez l'enfant atteint de NF2.

- Les tumeurs osseuses primitives ou secondaires

Annexe 5

Questionnaire pour les enfants

1. Aimes-tu faire les exercices sur l'ordinateur ?

☐ OUI

☐ NON

2. Est-ce que c'est comme un travail scolaire pour toi ?

☐ OUI

☐ NON

3. Est-ce que c'est comme un jeu pour toi ?

☐ OUI

☐ NON

4. Est-ce que tu aimes le petit bonhomme présent sur l'écran ?

☐ OUI

☐ NON

5. Est-ce que tu voudrais qu'il t'aide parfois ?

☐ OUI

☐ NON

6. Est-ce que tu voudrais qu'il fasse du bruit parfois ?

☐ OUI

☐ NON

7. Est-ce que tu voudrais qu'il parle parfois ?

☐ OUI

☐ NON

8. Est-ce que les applaudissements t'encouragent lorsque tu as répondu correctement ?

☐ OUI

☐ NON

Qu'est-ce que tu aimerais entendre à la place ?

.....
.....
.....

Annexe 6

Questionnaire pour les parents

1. Trouvez-vous la navigation sur le site Neurowaken aisée ?

☐ Très aisée ☐ Aisée ☐ Pas aisée

Observations

.....
.....
.....

2. Trouvez-vous la présentation des exercices agréable ?

☐ Très agréable ☐ Agréable ☐ Pas agréable

Observations

.....
.....
.....

3. Trouvez-vous utiles les prescriptions d'exercices à la maison ?

☐ Très utiles ☐ Utiles ☐ Pas utiles

Observations

.....
.....
.....

4. Etiez-vous aux côtés de votre enfant lors de la réalisation des exercices prescrits ?

☐ Très régulièrement ☐ Parfois ☐ Jamais

Observations

.....
.....
.....

5. Etes-vous intervenu(s) pour expliquer la consigne à votre enfant ?

☐ Très régulièrement ☐ Parfois ☐ Jamais

Observations

.....
.....
.....

6. Etes-vous intervenu(s) pour aider votre enfant à réaliser l'exercice ?

☐ Très régulièrement ☐ Parfois ☐ Jamais

Observations

.....
.....
.....

7. Préférez-vous des exercices prescrits à la maison traditionnels et non-informatisés pour votre enfant ?

☐ OUI ☐ NON

Pourquoi ?

.....
.....
.....

8. Trouvez-vous ce mode de bilan utile ?

☐ OUI

☐ NON

Pourquoi ?

.....
.....
.....

9. Trouvez-vous ce mode de rééducation utile ?

☐ OUI

☐ NON

Pourquoi ?

.....
.....
.....