

Profil neuropsychologique des enfants présentant un trouble neurovisuel à la suite d'une anoxie périnatale

Leslie Courtine, Lucile Vincent

▶ **To cite this version:**

Leslie Courtine, Lucile Vincent. Profil neuropsychologique des enfants présentant un trouble neurovisuel à la suite d'une anoxie périnatale. Sciences cognitives. 2013. dumas-00868871

HAL Id: dumas-00868871

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00868871

Submitted on 30 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ACADEMIE DE PARIS
UNIVERSITE PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE
MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

PROFIL NEUROPSYCHOLOGIQUE DES ENFANTS PRESENTANT UN TROUBLE NEUROVISUEL A LA SUITE D'UNE ANOXIE PERINATALE

Directrice de mémoire

Docteur Sylvie Chokron

Année universitaire 2012-2013

COURTINE Leslie
Née le 01.09.1981

VINCENT Lucile
Née le 19.04.1988

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont en premier lieu à Madame Chokron qui nous a permis de réaliser cette étude et nous a guidé et encadré dans la réalisation de ce mémoire.

Merci à Rina Raviv qui a fait passer les bilans neuropsychologiques sans lesquels nous n'aurions pas pu mener cette étude. Merci pour ton aide, tes nombreuses explications et ta disponibilité.

Un grand merci à Marc Gueguen pour sa patience et pour toutes les analyses statistiques qu'il a réalisées en un temps record.

Nous remercions également toute l'équipe de l'Unité Vision et Cognition de la Fondation Rothschild pour leur aide et leur accueil.

Merci à Grégoire Courtine pour son assistance téléphonique et son aide providentielle dans la dernière ligne droite.

Nous remercions également nos camarades des autres binômes ayant fait leur mémoire en même temps que nous avec Madame Chokron pour leur solidarité et leurs encouragements dans les moments de stress et de doutes.

Enfin nous tenons à remercier notre entourage pour son soutien et nos parents qui nous ont soutenu dans nos choix et nous ont permis de suivre ce cursus afin d'exercer un métier qui nous passionne.

ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je soussignée **COURTINE Leslie**, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée **VINCENT Lucile**, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION **1**

PARTIE THEORIQUE **3**

I- Les voies visuelles **3**

1- Anatomie des voies visuelles 3

2- La vision et les autres aires cérébrales 10

II- Les troubles neurovisuels **11**

1- Définition d'un trouble neurovisuel 11

2- Sémiologie des différents troubles neurovisuels 12

3- Spécificités chez l'enfant 20

4- Autres troubles liés à la modalité visuelle 21

III- Etiologie des troubles neurovisuels chez l'enfant **24**

1- Etiologies neurologiques diverses 24

2- L'anoxie cérébrale périnatale 25

3- La prématurité 28

IV- Troubles neurovisuels et troubles neuropsychologiques **31**

1- Les troubles praxiques 32

2- Les troubles de la lecture 33

3- Les troubles de l'attention et des fonctions exécutives 36

4- Les troubles de la mémoire 38

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES..... **42**

PARTIE PRATIQUE ……**45**

I- Population d'étude **45**

1- Choix de la population 45

2- Recrutement de la population 45

II- Conditions de passation **47**

III- Présentation des épreuves **48**

1- Bilan neurovisuel 48

2- Bilan neuropsychologique 53

3- Questionnaires 58

IV- Résultats **59**

1- Analyse préalable des données 59

2- Effets de l'hypoxie et/ou de la prématurité 64

3- Effets des lésions visibles ou non visibles à l'IRM 65

4- Corrélations 67

DISCUSSION ……78

CONCLUSION ……...91

BIBLIOGRAPHIE ……94

ANNEXES ……I à VII

INTRODUCTION

Chez l'homme, la vision est un sens important puisque 80% des informations du monde extérieur passent par nos yeux et que leur traitement mobilise environ la moitié de la part active de notre cerveau.

La vision nous permet donc d'interagir et de communiquer avec le monde et avec autrui, mais intervient également sur les plans intellectuel et émotionnel, notamment dans les activités cognitives et relationnelles. Seulement, ce sens peut être altéré par une lésion survenant au niveau de l'œil ou du cerveau. (Chokron & Marendaz, 2010) [30] Les atteintes visuelles d'origine cérébrale sont devenues une des premières causes de déficience visuelle chez l'enfant dans les pays développés. Ceci est à mettre en lien avec l'amélioration du dépistage des troubles neurovisuels mais également avec les avancées médicales qui permettent d'augmenter le taux de survie. (Good, Jan et al., 2001) [51]

Depuis une vingtaine d'années, l'étude des troubles neurovisuels et les avancées médicales et techniques ont permis de mettre en évidence les mécanismes physio-pathologiques entrant en jeu et d'identifier les populations à risque. Chez l'enfant, deux populations à risque prédominent et correspondent aux deux étiologies majeures : l'anoxie périnatale et la prématurité.

Or, Chez l'enfant, les troubles neurovisuels peuvent altérer son développement psychomoteur, social et ses apprentissages. (Chokron, 2011) [22] Ces troubles peuvent avoir des conséquences développementales avec perturbations des apprentissages précoces qui ne se révèleront que plus tard en âge pré-scolaire voire scolaire. Les conséquences de ces difficultés vont donc diffuser dans de nombreux secteurs des apprentissages de l'enfant, se dévoilant peu à peu au fil des sollicitations et des exigences liées à l'âge. (Miri, Dziri et al., 2010) [81] Ainsi, les enfants prématurés et/ou hypoxiés sont fortement susceptibles de présenter d'autres troubles que des troubles neurovisuels.

Il apparaît alors primordial d'accéder à un dépistage précoce pour permettre une prise en charge précoce, mais il semble également essentiel d'étudier le profil neuropsychologique de ces enfants grâce à une démarche sémiologique neuropsychologique. Cette étude cherche à déterminer l'existence d'un profil neuropsychologique propre à une étiologie et vise à déterminer de quelle façon les troubles neurovisuels s'y associent. Tous ces éléments

permettront d'évaluer les conséquences à moyen terme de l'anoxie et/ou de la prématurité, mais aussi de réfléchir à la prise en charge la plus adaptée pour ces enfants.

PARTIE THEORIQUE

I- Les voies visuelles

Les voies visuelles s'étendent de la rétine au cortex occipital. Les informations visuelles sont réceptionnées et triées au niveau du globe oculaire, puis sont transmises au cortex occipital via les voies optiques. Elles y seront traitées et analysées afin de reconstruire ce qui a été perçu.

1- Anatomie des voies visuelles

a- L'œil/la rétine

L'appareil sensoriel de la vue est constitué de deux bulbes oculaires ou globes oculaires qui reçoivent les informations du monde extérieur. Chacun des globes est constitué de 3 tuniques : la tunique externe composée de la cornée et de la sclère, la tunique intermédiaire ou uvée et la tunique interne qui est formée par la rétine. (Delmas, Brémond-Gignac et al., 2011) [34]

La rétine optique contient des cellules sensorielles photo-réceptrices qui captent les informations visuelles : fréquences spatiales, couleurs, intensités lumineuses, … On peut différencier deux sortes de cellules photo-réceptrices : les cellules optiques bacilliformes qui permettent de distinguer le sombre et le clair et les cellules optiques coniformes qui perçoivent les couleurs. (Vitte & Chevallier, 2008) [99]

Ces dernières sont très concentrées dans la macula et plus précisément dans la fovéa qui correspond au prolongement de l'axe optique de l'œil. La fovéa, située au centre de la rétine, est le siège de la vision détaillée, l'acuité visuelle y est maximale. En effet, chaque cône correspond à une zone minuscule du champ visuel ce qui permet une vision discriminative. Lorsqu'on s'éloigne du centre de la rétine, la densité des cônes diminue alors que celle des bâtonnets augmente. Du fait de cette répartition cellulaire, l'acuité visuelle décroît en vision parafovéale et périphérique. Cette vision plus floue renseigne tout de même sur l'environnement, donne des références spatiales et permet de maintenir une posture verticale. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Les cônes et les bâtonnets font synapse avec des cellules bipolaires qui sont elles-mêmes en relation avec des cellules ganglionnaires. Les axones des cellules ganglionnaires convergent vers la papille optique (tache aveugle) (Vitte & Chevallier, 2008) [99] et se rassemblent pour former le nerf optique (II). (Felten & Shetty, 2011) [43] (figure 1)

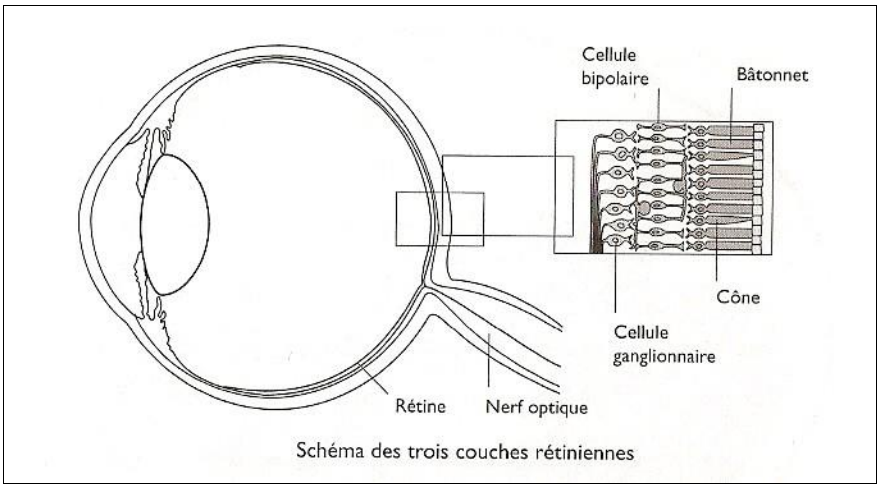


Figure 1 : Schéma des trois couches rétiniennes (Chokron & Marendaz (2010) Comment voyons-nous ? Paris : Le Pommier p.25)[30]

Les cellules photo-réceptrices transforment les photons lumineux en signal électrique grâce à des cascades biochimiques et génèrent ainsi une activité électrique dans les neurones bipolaires. L'information visuelle pourra alors être transmise par le nerf optique sous forme d'influx nerveux. (Felten & Shetty, 2011) [43]

b- Les voies visuelles

Les informations dans le champ visuel gauche se projettent sur l'hémi-rétine droite et inversement.

Le nerf optique reçoit les informations rétiniennes sous forme de signal électrique pour les transmettre au cerveau.

Le nerf optique de chaque œil passe dans le canal optique et converge vers le chiasma optique (McFarland, 2009) [67] au niveau duquel on observe la décussation d'un certain nombre d'axones. En effet, les fibres issues du secteur temporal de la rétine restent homolatérales, alors que celles issues du secteur nasal de la rétine deviennent controlatérales. (Flament, 2002) [44] Ce croisement permet le traitement croisé de l'information visuelle : l'hémisphère droit traite les informations visuelles du champ visuel gauche et l'hémisphère gauche celles de l'hémi-champ droit. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Les fibres s'engagent dans les bandelettes optiques (ou tractus optique) qui relient le chiasma optique aux corps geniculés latéraux du thalamus. (Flament, 2002) [44] (figure 2)

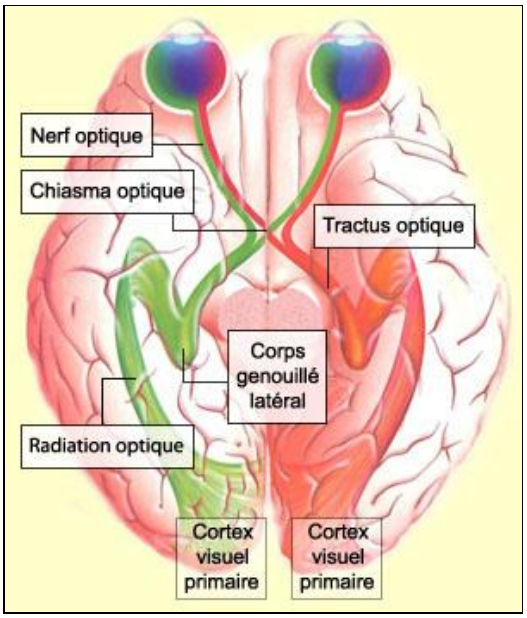


Figure 2 : trajet du nerf optique (Site : « Le cerveau à tous les niveaux » (Institut de Recherche en Santé du Canada) http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_cr/d_02_cr_vis/d_02_cr_vis.html) [A]

Le corps genouillé latéral représente le principal relai des voies visuelles. En effet, il reçoit 80% des axones des cellules ganglionnaires qui se dirigent ensuite vers le cortex visuel primaire (ou aire V1). (Vitte & Chevallier, 2008) [99]

La structure laminaire (en 6 couches) du corps géniculé latéral permet de différencier deux systèmes fonctionnels correspondant aux couches parvocellulaires et magnocellulaires.

- Le système parvocellulaire permet de traiter les détails, les couleurs, les contrastes de luminosité, les stimuli continus, immobiles ou en déplacement lent.

- Le système magnocellulaire analyse les variations temporelles rapides des stimuli, la basse fréquence spatiale (perception de la silhouette générale mais pas des détails), le faible contraste de luminosité. En revanche, il est insensible à la longueur d'onde. (Bonnelle, 2002) [13]

L'ensemble des axones issus du corps genouillé latéral forment les radiations optiques. Ces dernières se dirigent vers le lobe occipital et terminent dans le cortex visuel situé de part et d'autre de la scissure calcarine de la face inter-hémisphérique du cerveau (Flament, 2002) [44] : au-dessus de celle-ci pour les faisceaux supérieurs, en-dessous de celle-ci pour les faisceaux inférieurs.

Par ailleurs, certaines fibres quittent la voie optique avant le ganglion géniculé et forment les voies optiques secondaires. Elles représentent environ 20% des fibres issues de la rétine. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

Elles se projettent vers des structures comme les colliculi supérieurs, on parle alors de la voie rétino-colliculaire, ou le pulvinar qui reçoit des fibres du tractus optique. (Vitte & Chevallier, 2008) [99]

Ces voies optiques secondaires jouent certainement un rôle dans le maintien d'une vision sous-corticale. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

c- Le cortex visuel

La partie du cortex cérébral dédiée à la vision correspond à plus de 15% de sa surface totale. (Flament, 2002) [44]

Cortex visuel primaire

Le cortex visuel primaire (ou aire 17 de Brodmann ou aire V_1) est l'aire visuelle principale. Il est situé sur la face médiale du lobe occipital, en arrière de la scissure occipitale (Vibert, Sebille et al., 2011) [97] et reçoit 90% des fibres du nerf optique. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Ces afférences proviennent principalement du corps genouillé latéral mais également du pulvinar. (Vibert, Sebille et al., 2011) [97]

Rôle du cortex visuel primaire

Cette voie réticulo-géniculo-calcarine assure la vision fine consciente du monde extérieur. L'aire visuelle primaire permet d'analyser plus précisément l'orientation, le mouvement, la couleur, la profondeur et la fréquence spatiale. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Rétinotopie

La rétinotopie correspond à une représentation géographique de la rétine qui est conservée tout le long de la voie réticulo-géniculo-calcarine. (Felten & Shetty 2011) [43] Donc, à chaque point du champ visuel correspond un point sur la rétine, un point sur les voies visuelles et un point dans le cortex. C'est l'organisation des neurones véhiculant l'information visuelle qui permet de maintenir cette représentation topographique à chaque niveau. Dans la représentation du champ visuel sur la rétine on peut distinguer quatre secteurs : le champ

nasal supérieur et inférieur et le champ temporal supérieur et inférieur. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

Voies visuelles associatives

Cependant, le cortex visuel primaire n'est pas le seul responsable de l'analyse visuelle.

En effet, les neurones de l'aire 17 envoient des projections au cortex visuel associatif formé de l'aire 18 ou V_2 et de l'aire 19 ou V_3. (Felten & Shetty, 2011) [43] L'aire 17 est donc connectée avec les aires 18 et 19 homolatérales, mais également avec l'aire 17 controlatérale grâce à des fibres interhémisphériques. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63] Les aires V_2 et V_3 reçoivent également des fibres du colliculus supérieur via le pulvinar. Enfin, les aires 17, 18 et 19 se projettent sur l'aire temporale moyenne d'une part et sur V_4 d'autre part. (Felten & Shetty, 2011) [43]

L'aire V2 assure la gnosie visuelle, l'aire V3 est responsable de l'intégration et de la synthèse des messages visuels et l'aire V4 est impliquée dans la reconnaissance de la forme et de la couleur. (Vitte & Chevallier, 2008) [99]

Deux voies visuelles principales

Toutes ces aires entretiennent des relations étroites et importantes entre elles. Cependant, elles sont organisées en deux voies visuelles principales : une voie dorsale pour une vision globale et une voie ventrale pour une vision des détails. (Vibert, Sebille et al., 2011) [97]

- La voie dorsale : elle va du cortex visuel primaire au cortex pariétal. Les neurones des aires V_1, V_2 et V_3 se projettent sur l'aire temporale moyenne dans laquelle les neurones sont sensibles à la direction donnée et répondent au mouvement. Ils se projettent ensuite sur le cortex pariétal pour le traitement visuel spatial. En effet, le cortex pariétal est plus spécialisé dans le traitement de l'espace : ses neurones analysent le mouvement et la position des objets dans le champ visuel. (Felten & Shetty, 2011) [43] (figures 3 et 4)

  La transmission de l'information par la voie corticale pariétale se fait rapidement, mais cette information est peu détaillée et non colorée. Les informations spatiales qu'elle véhicule permettent d'agir (par exemple pour la préhension d'un objet, l'évitement d'un projectile,…) ou de reconnaître la disposition des éléments dans une scène

visuelle. (Chokron & Marendaz, 2010) [30] De ce fait, elle est aussi appelée voie du « where ? » et du « how ? ». (Biotti, Pisella et al., 2012) [10] (figure 5)

- La voie ventrale : elle va du cortex visuel primaire au cortex inféro-temporal. Les neurones des aires V1, V2 et V3 se projettent sur l'aire V4 dont les neurones sont impliqués dans la perception de la forme et de la couleur. Ces derniers se projettent à leur tour dans le cortex temporal dans lequel les neurones ont la capacité de reconnaître à haute résolution des objets (notamment les visages et les objets animés) et de réaliser la classification et l'orientation de ceux-ci. (Felten & Shetty, 2011) [43] (figures 3 et 4)

  La voie corticale temporale transmet une information détaillée et colorée et cette transmission se fait plus lentement. Ainsi, cet apport de détails permet de différencier et d'identifier les éléments. (Chokron & Marendaz, 2010) [30] C'est pour cela qu'on l'appelle la voie du « what ?». (Biotti, Pisella et al., 2012) [10] (figure 5)

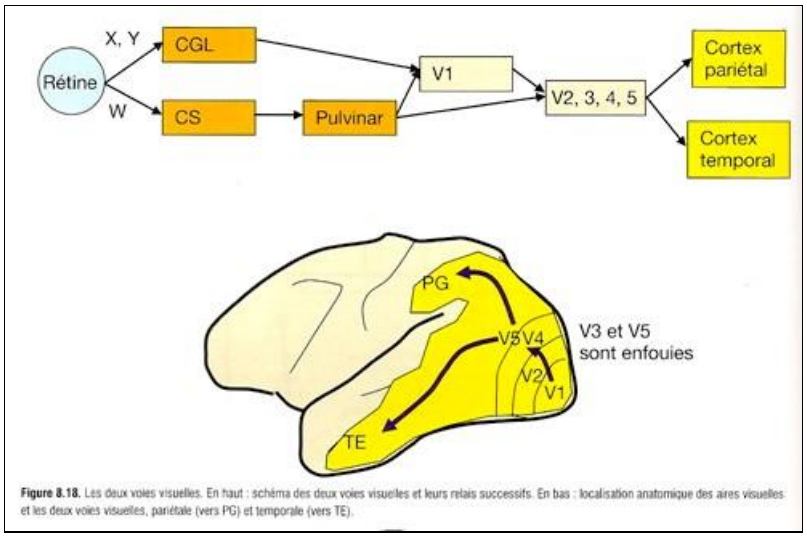


Figure 8.18. Les deux voies visuelles. En haut : schéma des deux voies visuelles et leurs relais successifs. En bas : localisation anatomique des aires visuelles et les deux voies visuelles, pariétale (vers PG) et temporale (vers TE).

Figure 3 : « les deux voies visuelles » (Vibert J.F., Sebille A., et al. (2011) Neurophysiologie : De la physiologie à l'exploration fonctionnelle. 2ème édition. Elsevier Masson. P.90)[97]

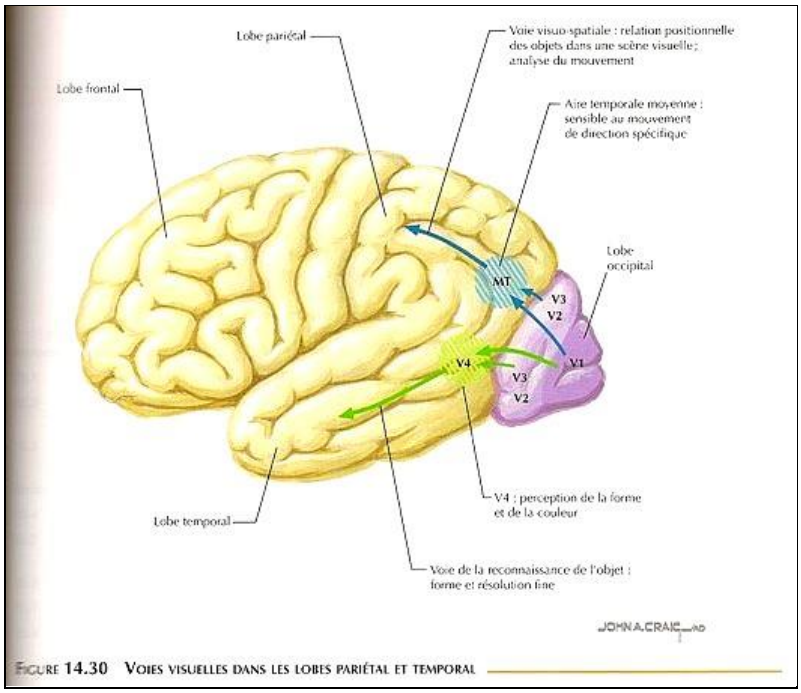


Figure 4 : « Voies visuelles dans les lobes pariétal et temporal » (Felten D. L. & Shetty A.N. (2011) Atlas de neurosciences humaines de Netter : Neuroanatomie : Neurophysiologie. 2ème édition. Elsevier Masson. P.355) [43]

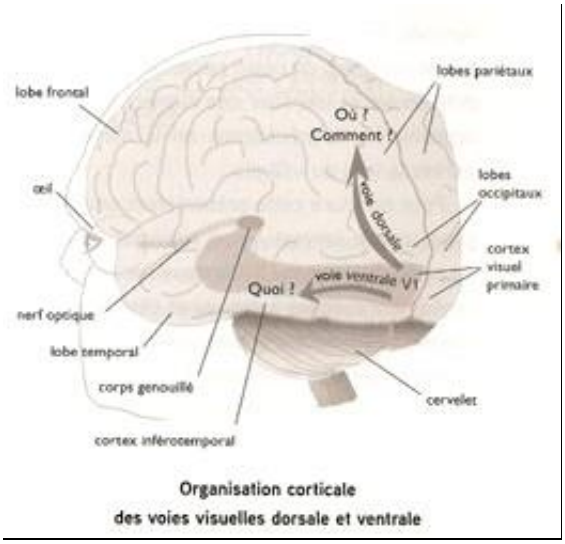


Figure5 : « organisation corticale des voies visuelles dorsale et ventrale » (Chokron S &, Marendaz C. (2010) Comment voyons-nous ? Paris, Le Pommier. P.31) [30]

Ainsi, toutes ces aires permettent d'analyser les caractéristiques physiques élémentaires d'une scène visuelle. Or, au final nous voyons une scène globale structurée. (Chokron & Marendaz, 2010) [30] Le cerveau est donc capable de combiner tous ces éléments afin d'avoir une vision

unitaire du monde. (Vibert, Sebille et al., 2011) [97] Cette synthèse doit s'opérer quelque part dans notre cerveau, mais les recherches peinent à l'expliquer précisément. (Hubel, 1994) [54]

Cependant, les recherches actuelles ont montré que les cellules des aires supérieures peuvent coder des caractéristiques de plus en plus complexes (par intégration des traitements réalisés par les aires inférieures) mais sans jamais coder les formes, les objets ou les visages de la vie courante. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

2- La vision et les autres aires cérébrales

Le cortex visuel n'est pas une entité isolée de notre cerveau, il en fait partie et interagit avec les autres cérébrales comme celles du langage, de la mémoire, de l'attention et des émotions.

Vision et lobe pariétal

Il a été montré que le lobe pariétal permet d'avoir une représentation visuelle de l'environnement. C'est le cortex pariétal qui permet de distinguer les éléments saillants de notre environnement. C'est ensuite grâce à des saccades oculaires et au déplacement successif de la rétine fovéale que l'on prend connaissance d'une scène visuelle. Cependant, les processus attentionnels jouent un rôle fondamental puisqu'ils permettent une attention focale sur l'élément dans l'axe de la fovéa, mais également d'étendre l'attention à tout le champ spatial pour déceler les éléments saillants qui seront à analyser par la suite. (Biotti, Pisella, et al., 2012) [10]

Vision et lobe temporal

Les lobes temporaux inférieur et médian sont impliqués dans les fonctions visuelles notamment dans l'orientation spatiale, la stéréopsie (perception de la profondeur ou de la distance) et la perception des couleurs. Par ailleurs, le cortex temporal inférieur communique avec des aires et des structures qui sont impliquées dans la mémoire. De ce fait, on pense que cette aire joue un rôle dans la comparaison d'un stimulus avec les stimuli rencontrés par le passé et dans le traitement d'informations pour la reconnaissance des visages et des formes. (Staiman, 1998) [90] Cela permettrait d'associer cette représentation visuelle à un contenu sémantique.

Par ailleurs, le lobe temporal joue un rôle important dans le langage, l'audition, la vision, la mémoire et l'émotion.

Vision et lobe frontal

L'aire 18 envoie des faisceaux vers le lobe frontal afin de transmettre les informations visuelles entrantes et d'adapter l'orientation volontaire des yeux. (Nehmad, 1998) [82]

De plus, les aires visuelles peuvent transmettre des informations au cortex moteur primaire (situé dans le lobe frontal) afin d'initier un mouvement ou de l'adapter. (Vibert, Sebille et al., 2011) [97]

Le lobe frontal intervient dans la programmation, la régulation et le contrôle d'une activité qui peut être déclenchée par un stimulus visuel. (Andrès, 2003) [4]

Par ailleurs, grâce à ses connexions avec le pulvinar et le colliculus supérieur, l'aire 19 joue un rôle dans la mémoire visuelle. (Nehmad, 1998) [82]

« Voir » est donc une tâche complexe qui implique des processus nombreux et divers et qui est soumise à des facteurs environnementaux et biologiques.

II- Les troubles neurovisuels

1- Définition d'un trouble neurovisuel

Les troubles neurovisuels résultent d'une atteinte centrale c'est-à-dire une atteinte des voies et des aires corticales visuelles rétro-chiasmatiques. L'atteinte centrale est à opposer à l'atteinte périphérique qui survient en avant du chiasma optique et va donc concerner l'œil, la rétine, les autres constituants de l'œil ou les nerfs optiques selon la localisation de la lésion. (Chokron, 2006) [21] De ce fait, les troubles neurovisuels ne s'accompagnent pas d'une baisse de l'acuité visuelle. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Par ailleurs, après le chiasma optique, chaque hémi-champ visuel est traité par l'hémisphère controlatéral. Donc toute atteinte latéralisée et homonyme aux deux yeux devra faire évoquer une atteinte centrale. (Chokron, 2006) [21]

Il existe trois grands types de troubles neurovisuels : les amputations du champ visuel, les troubles de l'exploration de l'espace et les troubles de la reconnaissance visuelle, ce qui

correspond à des altérations du champ visuel, de l'orientation de l'attention dans l'espace et/ou du traitement de l'information visuelle. (Chokron, 2011) [22]

Selon la localisation et l'étendue de la lésion on n'aura pas les mêmes conséquences. Ces troubles peuvent entraîner une cécité totale ou partielle et/ou altérer l'analyse des informations visuelles qui sont correctement reçues et véhiculées par les voies périphériques.

Devant une plainte visuelle, avec toutefois une fonction oculaire normale ou corrigée, il est important de se questionner sur l'origine centrale du trouble. Dans ce cas, c'est un bilan neurovisuel qui permettra de l'objectiver. Une prise en charge adaptée pourra alors être mise en place puisque ces troubles ne sont pas irréversibles et définitifs, on sait aujourd'hui les rééduquer (Chokron, 2006) [21] (lorsqu'ils ne sont pas d'origine dégénérative). (Chokron, 2004) [20]

De plus, chez l'enfant, les troubles neurovisuels s'observent fréquemment dans un contexte de prématurité et/ou d'épisode hypoxique. (Chokron, 2011) [22]

A ce jour, on estime que 4% de la population d'enfants « tout venant » présente un trouble neurovisuel. Il est donc primordial de diagnostiquer ces troubles précocement afin de limiter leur impact sur les apprentissages, la cognition ou les interactions sociales. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

Les troubles neurovisuels seront ici décrits suivant un gradient du plus perceptif au plus cognitif.

2- Sémiologie des différents troubles neurovisuels

a- Amputation du champ visuel

Les amputations du champ visuel sont dues à une lésion sur les voies visuelles ou au niveau du cortex visuel primaire. Du fait de l'organisation corticale rétinotopique, l'étendue et la localisation de l'amputation du champ visuel dépend directement de l'atteinte. (Chokron & Marendaz, 2010) [30] En effet, la lésion provoque une « cécité » dans la partie correspondante du champ visuel. (Chokron, 2006) [21] Pour rappel, le champ visuel correspond à l'espace extracorporel visible sans que l'œil ne bouge. (Chokron, 2004) [20]

Selon Kerkhoff, Münssinger et al. (1994) [58], environ 20 a` 30 % des patients admis en centre de rééducation neurologique après AVC présentent un déficit du champ visuel. (Pouget, Lévy-Bencheton et al., 2012) [88]

La cécité corticale

La cécité corticale correspond à la perte de la sensation visuelle consciente (Potet, Badoit-Roux et al., 2012) [87] dans la totalité du champ visuel et est due à une atteinte bilatérale du cortex visuel primaire ou des voies visuelles en arrière du chiasma optique. (Chokron & Marendaz, 2010) [30]

L'intégrité du fond d'œil et des globes oculaires, et donc la préservation du réflexe photomoteur pupillaire, permettent de différencier une cécité corticale d'une cécité périphérique. Par ailleurs, le réflexe de clignement à la menace est aboli dans le cas d'une cécité corticale, ce qui élimine le diagnostic de cécité dite psychogène. (Chokron, 2013b) [24] La dissociation entre ces deux réflexes est un élément fort en faveur de la cécité corticale.

Les patients présentant une cécité corticale peuvent présenter une anosognosie en phase initiale et n'expriment donc aucune plainte spontanée vis-à-vis de la perte visuelle. Des signes cliniques tels que des hallucinations visuelles, des troubles de la mémoire antérograde, une désorientation temporo-spatiale, un état confusionnel ou des troubles du comportement peuvent accompagner ce trouble neurovisuel. (Chokron, 2013b) [24]

Dans les tableaux les plus sévères, le déficit est absolu mais cela ne concerne qu'une minorité de cas. En général, les patients redeviennent assez vite capables de distinguer la lumière de l'obscurité, les variations importantes de l'éclairage ambiant, les forts contrastes,… (Chokron, 2004) [20]

Chez l'enfant, la souffrance cérébrale hypoxique anté- ou péri-natale est l'étiologie la plus fréquente de cécité corticale. Dans les causes de cécité corticale on peut également retrouver la prématurité pouvant provoquer une leucomalacie périventriculaire (Dalens, Solé et al., 2006) [31] qui est une atteinte de la substance blanche notamment autour des ventricules cérébraux latéraux (Bloch, Lequien et al., 2003) [12], une atteinte vasculaire, une leucoencéphalite, une intoxication oxycarbonée, une tumeur ou un traumatisme (syndrome du bébé secoué ou traumatisme crânien). (Chokron, 2013b) [24]

L'hémianopsie latérale homonyme (H.L.H)

L'hémianopsie latérale homonyme est le trouble neurovisuel le plus fréquent. Elle correspond à l'amputation du champ visuel contra-lésionnel en cas de lésion occipitale unilatérale. On aura donc un seul côté du champ visuel qui sera atteint et ce sera le même pour les deux yeux. Ainsi, une lésion occipitale droite entraîne une hémianopsie latérale homonyme gauche et vice-versa. (Chokron, 2004) [20]

Dans ce type de trouble, il y a en général une plainte de la part du patient qui incrimine l'œil situé du côté du déficit. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

Lorsque l'hémianopsie est complète, le partage entre les hémichamps « voyant » et « non voyant » est strictement médian. On parle alors d'hémianopsie latérale homonyme sans épargne maculaire. Si l'hémianopsie est incomplète, on parle d'HLH avec épargne maculaire. Dans ce cas, le champ central est épargné et le patient peut voir environ à 5° autour du point de fixation du côté de l'hémianopsie latérale homonyme. (Chokron, 2004) [20]

Par ailleurs, Les patients peuvent présenter des hallucinations visuelles dans leur champ « aveugle ». (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

L'hémianopsie latérale homonyme peut s'installer spontanément après une lésion occipitale unilatérale, être une étape intermédiaire et évoluer vers une cécité corticale en cas de maladie dégénérative ou d'atteinte tumorale, ou résulter d'une cécité corticale en voie de récupération. (Chokron, 2004) [20]

Les ischémies hémisphériques représentent la cause la plus fréquente pour ce trouble neurovisuel. Il peut également être dû à des accidents hémorragiques, des tumeurs cérébrales ou des traumatismes crâniens latéralisés. (Larmande, P., Larmande, A. et al., 1989) [63]

La quadranopsie

La quadranopsie est caractérisée par l'amputation d'un quart du champ visuel controlatéral à la lésion cérébrale. Lorsqu'on regarde le schéma des voies visuelles, on a une inversion gauche/droite mais également haut/bas. Ainsi, une lésion du cortex visuel primaire à droite et dans sa partie inférieure entraînera la perte du quadrant supérieur gauche. Donc, selon la

localisation de la lésion, on parlera de quadranopsie latérale homonyme supérieure ou inférieure et gauche ou droite.

La quadranopsie correspond la moitié d'une H.L.H avec la même sémiologie et les mêmes étiologies.

Elle peut apparaître de façon spontanée, être une étape de récupération d'une H.L.H ou évoluer en H.L.H dans les étiologies évolutives. (Chokron, 2004) [20]

Le scotome

Le scotome est dû à une lésion focale du cortex visuel primaire. Du fait de l'organisation rétinotopique des voies visuelles, l'amputation se trouvera dans la partie du champ visuel correspondant à la zone lésée du cortex. Il se manifeste donc par une tache aveugle dans le champ visuel. Sa taille varie selon la taille de la lésion.

Le scotome est observé dans le cadre de maladies évolutives ou en récupération d'une quadranopsie ou d'une hémianopsie. Les épisodes migraineux peuvent être accompagnés de l'apparition d'un scotome transitoire. (Chokron, 2004) [20]

Les visions tubulaire et périphérique

La vision tubulaire est ainsi nommée car dans ce trouble la vision se limite à une vision centrale, comme si on regardait à travers un tube. Elle se caractérise donc par la disparition de la vision périphérique. Elle est due à une lésion bilatérale sur la face interne du cortex occipital. Le patient voit au maximum 10° à 15° autour du point de fixation.

La vision périphérique se traduit par l'amputation de la vision dans le champ central qui est pourtant le lieu de la meilleure vision. Elle est due à une lésion bilatérale du pôle occipital. (Chokron, 2004) [20]

Chez l'enfant, ces deux types de vision sont les conséquences les plus fréquentes d'une cécité corticale en phase de récupération.

b- Troubles de l'exploration visuelle

Le Syndrome de Balint

Décrit en 1909 par Balint puis complété par Holmes en 1918, le syndrome de Balint fait suite à une lésion au niveau de la partie postérieure et inférieure du lobe pariétal dans les deux hémisphères et au niveau de la jonction occipito-pariétale (Pisella, Ota et al., 2008) [85] qui concerne la partie dorsale du système visuel. Ce syndrome combine plusieurs troubles visuo-spatiaux qui ont été décrits comme une triade de symptômes : la simultagnosie, l'ataxie optique et la paralysie psychique du regard.

La simultagnosie est l'incapacité à reconnaître plus d'un objet à la fois en raison d'un rétrécissement du champ visuo-attentionnel. Ainsi le patient sera dans l'impossibilité de décrire une scène dans sa globalité alors qu'il sera capable d'en décrire les éléments séparément. Il s'agit d'un déficit global de l'attention visuelle dans le champ spatial.

Ce trouble pourra donc gêner ou empêcher la lecture de phrases car seuls quelques mots seront perçus.

L'ataxie optique correspond à une difficulté d'orientation du geste manuel sous le contrôle de la vue. Cette difficulté de préhension de l'objet cible se manifeste le plus fréquemment dans le champ visuel périphérique, l'objet cible est perçu mais le mouvement de la main est lent et imprécis. L'ataxie optique est améliorée par l'apport d'informations proprioceptives complémentaires à celles de la vision. (Biotti, Pisella et al., 2012) [10]

La paralysie psychique du regard ou apraxie du regard est la difficulté à orienter les saccades oculaires en direction de l'objet cible, spécialement si le nombre de stimuli simultanés est élevé. L'exploration visuelle sera donc hasardeuse et lente avec des moments de fixation sur des cibles imprécises qui peuvent s'apparenter à des spasmes.

Cette triade de symptômes se manifeste en l'absence de troubles moteurs ou oculomoteurs associés. Cependant le syndrome de Balint se présente fréquemment dans des formes plus mineures qui ne réunissent pas forcément cette triade de symptômes au complet.

Le syndrome de Balint peut également coexister avec des amputations du champ visuel.

La Négligence Spatiale Unilatérale (NSU)

Définie en 1979 par Heilman et Valenstein, la négligence spatiale unilatérale est une négligence de l'hémi-espace controlatéral à une lésion pariétale, fréquemment du côté droit. Cette négligence n'est associée à aucun déficit sensoriel ni moteur.

Le patient atteint de négligence spatiale unilatérale se trouve dans l'incapacité de décrire verbalement, de s'orienter ou de répondre aux stimulations controlatérales à sa lésion pariétale. (Chokron, Bartolomeo et al., 2008) [25]

Cette incapacité de perception et de réponse peut concerner des stimuli de différents ordres, visuels mais aussi auditifs, olfactifs et tactiles de manière isolée mais aussi associée. (Bartolomeo & Chokron, 2001) [7]

La négligence intervenant au niveau de la perception de l'espace personnel aussi bien qu'extra-personnel du patient, le trouble cognitif se situe donc bien au niveau spatial et non au niveau simplement visuel.

Ce trouble peut être à l'origine d'un défaut de perception et d'élaboration du schéma corporel. Par ailleurs, les troubles perceptifs spatiaux sont fréquemment associés à un trouble de l'attention passive du côté de l'hémi-espace négligé, mais aussi de la représentation mentale de cet espace.

Il existe donc différentes formes de NSU présentant des sémiologies différentes d'un patient à un autre.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus sur la localisation intra-hémisphérique exacte des lésions à l'origine de cette négligence.

c- Troubles de la reconnaissance visuelle

Agnosie visuelle pour les images et les objets

L'agnosie visuelle regroupe tous les troubles perceptifs d'identification et de reconnaissance par la voie visuelle des objets et des images connus auparavant, en l'absence d'atteinte des organes de la vision et de troubles sensoriels, de troubles du langage et de trouble intellectuel ou mnésique. (Hécaen, Goldblum et al., 1974) [52]

L'agnosie visuelle concerne la difficulté de reconnaissance des objets, des images et des visages. Elle intervient à la suite de lésions bilatérales dans la région temporo-occipitale inférieure, le plus fréquemment causées par un épisode anoxique, un empoisonnement au monoxyde de carbone ou une insuffisance cardiaque. (Vecera, 2002) [96]

Lorsque ces troubles de la reconnaissance visuelle se manifestent chez l'enfant, il est difficile de parler d'agnosie visuelle car l'enfant n'a jamais accédé à la reconnaissance visuelle contrairement à l'adulte.

L'agnosie visuelle pour les objets est la moins fréquente, certains auteurs avancent que l'agnosie des objets interviendrait dans l'évolution d'un tableau de cécité corticale, puis laisserait place à une agnosie des images. (Mazeau, 1995) [71] Selon Ungerleider et Mishkin, la reconnaissance visuelle des objets se ferait par la voie ventrale afférente de la vision, du lobe occipital au lobe pariétal.

L'agnosie visuelle des objets se manifeste par un trouble de la reconnaissance de la forme des objets et une incapacité à dessiner ou copier ces objets. Cependant, le contrôle visuo-moteur est intact et les patients atteints d'agnosie visuelle pour les objets conservent leur capacité à saisir les objets. (Vecera, 2002) [96]

L'agnosie des images reste cependant la plus fréquente et pénalise l'enfant dès son plus jeune âge, puisque à la maternelle l'apprentissage s'appuie principalement sur les images. Les photographies sont cependant mieux reconnues que les images. L'agnosie visuelle des images est fréquemment dépistée chez l'enfant par un manque d'intérêt pour la télévision dès l'âge de 3 ans.

Certaines études distinguent deux formes différentes d'agnosie visuelle : l'agnosie visuelle aperceptive et l'agnosie visuelle associative.

L'agnosie visuelle aperceptive concernerait un trouble de la représentation visuelle élaborée en réponse à un stimulus.

Dans le cas de l'agnosie visuelle associative, la représentation visuelle est fonctionnelle et intacte mais elle ne peut être reliée aux connaissances stockées au sein de la mémoire sémantique. (figure 6)

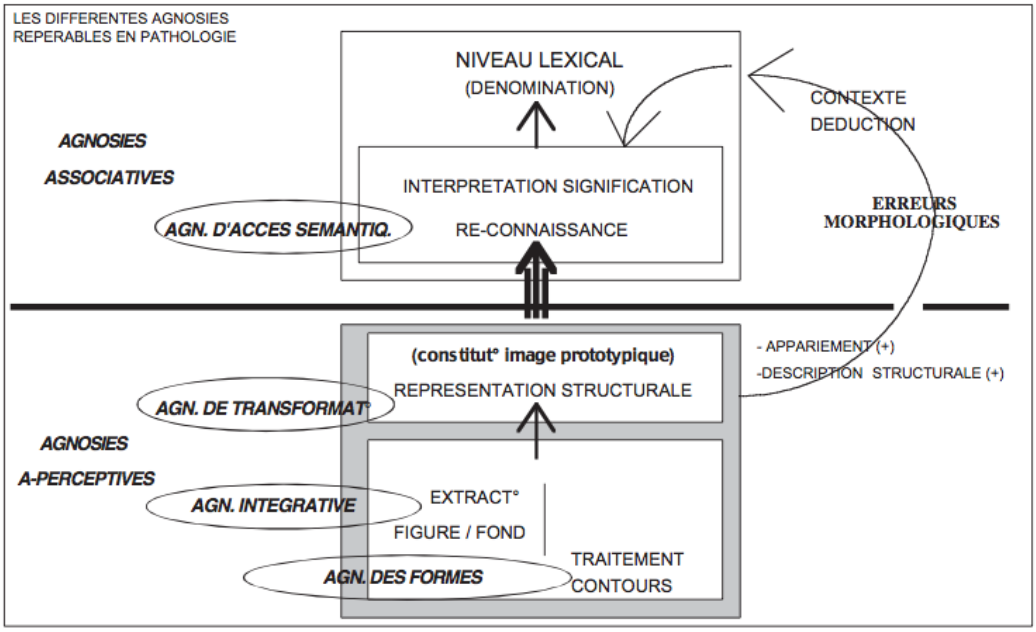


FIG. 2. — Principaux traitements cérébraux de l'image rétinienne et différentes sortes d'agnosies (*AGN.*) – Schéma n° 2, inspiré de Humpreys et Riddoch (1987a et b).

Figure 6 : Principaux traitements cérébraux de l'image rétinienne et différentes sortes d'agnosies. (Mazeau, 2008) [75]

La prosopagnosie

Décrite pour la première fois par Bodamer, la prosopagnosie est un trouble spécifique de reconnaissance des visages faisant suite à des lésions corticales unilatérales ou bilatérales au niveau de l'hémisphère droit, dans la région temporo-occipitale. (Tzavaras, Hécaen et al., 1970) [94] Les visages sont perçus mais ne peuvent être associés à l'identité de la personne à laquelle ils appartiennent, qu'il s'agisse d'une personne célèbre, de proches du patient ou du patient lui-même, directement ou sur des photographies. Ainsi, les patients souffrant de prosopagnosie ne reconnaissent leur entourage qu'au son de leur voix, à leur allure ou à leur démarche. L'agnosie peut également toucher la reconnaissance des expressions du visage.

Elle est fréquemment associée à une agnosie visuelle des images ou des objets au sein des tableaux cliniques. (Busigny, Graf et al., 2010) [16] Il est par conséquent rare de rencontrer une prosopagnosie isolée, elle est souvent associée à d'autres troubles de la reconnaissance visuelle.

L'alexie agnosique

L'alexie agnosique ou alexie pure est un trouble de reconnaissance des symboles conventionnels graphiques. Ce trouble concerne la lecture des mots et des phrases. L'identification de la lettre est difficile voire impossible et rend donc le déchiffrage laborieux. Ces difficultés sont accentuées lors de la lecture de mots longs. Le patient peine à discriminer les lettres dont la morphologie est proche, ce qui peut être accentué par un changement de typographie. Ce trouble perturbe à la fois la conversion grapho-phonémique par la voie d'assemblage et la reconnaissance globale du mot par la voie d'adressage. Cependant l'épellation est possible et constitue un étayage pour la lecture.

Ce trouble est par ailleurs fréquemment associé à une agnosie visuelle sur les images. (Gil, Pluchon et al., 1985) [47]

Cette forme d'alexie se présente sans agraphie et se distingue des paralexies observées en aphasiologie.

Les lésions à l'origine de cette alexie agnosique se situent au niveau de la région occipitale gauche avec une extension au corps calleux. (Michel, 2008) [80]

3- Spécificités chez l'enfant

Les atteintes visuelles d'origine centrale sont actuellement l'une des premières causes de déficience visuelle chez l'enfant. Ces atteintes, s'associant la plupart du temps à d'autres troubles neurologiques, restent difficiles à repérer et à diagnostiquer. En effet, assez fréquemment, les enfants atteints de déficits neurovisuels d'origine centrale présentent également d'autres déficits neurologiques associés. (Dalens, Solé et al., 2006) [31]

Comme la stimulation visuelle est à l'origine de la spécialisation corticale, l'étude des troubles neurovisuels chez les enfants nous renseigne sur la localisation des différentes aires de traitement visuel. (Stiers, Van den Hout et al., 2001) [91] Toutefois l'imagerie fonctionnelle reste la source référente en termes de topographie lésionnelle.

Les lésions chez les adultes provoquent des troubles sur des mécanismes antérieurement acquis, alors que les lésions périnatales chez l'enfant interviennent avant même que le

système visuel soit mature et opérationnel. Cet aspect rend donc le dépistage difficile chez l'enfant car il ne peut se rendre compte de la perte d'une capacité qu'il n'a jamais eue.

Par conséquent, l'élaboration de tests destinés à détecter les troubles neurovisuels dès le plus jeune âge est essentielle au dépistage précoce systématique qui se met en place dans différents pays dont la France. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18]

La plasticité cérébrale chez les jeunes enfants étant très importante, le dépistage et la prise en charge précoce de ces troubles constituent de bons facteurs de récupération. En effet, la rééducation, associée à la guidance parentale, permet aux enfants souffrant de troubles visuels d'acquérir davantage d'autonomie et d'accéder à une scolarisation normale par des aménagements scolaires qui facilitent les apprentissages. (Dalens, Solé et al., 2006) [31]

4- Autres troubles liés à la modalité visuelle

Des troubles oculomoteurs et ophtalmologiques

Même si la plupart du temps le bilan ophtalmologique des patients souffrant de troubles neurovisuels ne révèle aucune pathologie, certains troubles ophtalmologiques ou oculomoteurs s'ajoutent au trouble neurovisuel.

En effet, les troubles oculomoteurs associés peuvent se composer des troubles de la fixation, de troubles de la poursuite et de saccades volontaires ou non. (Arents, Berger Martinet et al., 2012) [6]

Parmi ces troubles oculomoteurs et ophtalmologiques associés on retrouve le nystagmus (associé à un trouble de la vision d'origine centrale dans 46% des cas), le strabisme, l'apraxie oculomotrice, la paralysie oculomotrice et la déviation tonique du regard horizontale ou verticale selon la topographie lésionnelle corticale ou sous-corticale. (Fazzi, Signorini et al., 2007) [42]

On peut rencontrer également des atteintes du globe liées à des lésions cérébrales telles que la myopie de l'ex-prématuré successive à la rétinopathie, des hypermétropies et des astigmatismes fréquents, ainsi que des troubles de la papille provoquant des atrophies optiques ou des hypoplasies du nerf optique en raison d'une atteinte dégénérescente de la région trans-synaptique. (Dalens, Solé et al., 2006) [31]

Des difficultés de représentation et d'imagerie mentale

Des lésions au niveau des aires occipito-temporales peuvent entraîner des troubles de la mémoire visuelle et de l'imagerie mentale. Cela gênera particulièrement l'enfant dans les tâches qui requièrent l'apprentissage de symboles écrits (la lecture par exemple). (Chokron, 2006) [21] La vision permet normalement de récupérer des informations visuelles sur des objets plus ou moins proches ou éloignés, les troubles neurovisuels vont donc rendre cette étape difficile ce qui influera sur la construction et la manipulation des concepts par l'enfant. (Dutton, 2011) [39]

Des troubles de la coordination visuo-motrice

Les troubles de la coordination visuo-motrice appartiennent très fréquemment au tableau clinique de l'ataxie optique dans le cadre d'un syndrome de Balint ou non, mais aussi dans le cadre des dyspraxies constructives, visuo-spatiales et surtout idéomotrices. (Mazeau, 1995) [71]

Ces troubles retentissent sur de nombreux gestes de la vie courante tels que le repas, l'habillage qui requiertt une bonne motricité fine et dans les apprentissages scolaires puisqu'ils sont à l'origine de troubles grapho-moteurs. (Gaudry, Perez et al., 2010) [45]

Des troubles visuo-attentionnels

Les troubles de l'attention visuo-spatiale impliquent une atteinte au niveau des régions fronto-pariéto-occipitales. Ce type de troubles dépend de modules cognitifs attentionnels isolés tout comme l'attention auditivo-verbale. (Mazeau, 2005) [74]

Par ailleurs, les lésions occipito-pariétales droites et gauches peuvent entraîner des troubles neurovisuels moins spécifiques qui incluent un trouble de l'attention sélective. L'attention sélective correspond à la sélection de stimuli pertinents (qui sont traités) parmi les stimuli non pertinents ou distracteurs (qui sont ignorés). Elle peut être perturbée à cause d'une fixation visuelle difficile. Ces troubles neurovisuels peuvent également donner une perte de toute stratégie exploratoire lorsque la cible se déplace rapidement et de manière aléatoire. (Chokron, 2006) [21]

Dans le cas d'une lésion pariétale unilatérale, on peut observer un phénomène d'extinction visuelle : le patient ne peut pas détecter deux stimuli présentés simultanément (un stimulus dans chaque hémichamp), alors que la détection de chaque stimulus présenté isolément est possible. (Chokron, 2006) [21]

Des difficultés de repérage visuo-spatial

De nombreux travaux sur la pathologie neurovisuelle chez les enfants cérébrolésés ont mis en évidence des difficultés perceptives et visuo-spatiales. On retrouve fréquemment des troubles de l'oculomotricité qui perturbent la saisie visuelle, l'exploration de la scène visuelle et la construction de certaines notions spatiales. (Miri, Dziri et al., 2004) [81] Or, selon Lacert (1989) [62], les fonctions practo-spatiales permettent à l'enfant d'être en prise directe avec son environnement et donc de construire des représentations efficientes du monde environnant ainsi que des repères spatiaux dans lesquels s'inscriront l'ensemble de ses actes et de ses apprentissages. (Miri, Dziri et al., 2004) [81] Ces difficultés visuo-spatiales peuvent alors être responsables de dissociation des acquisitions (lecture, calcul, graphisme, géométrie) allant jusqu'à la dyspraxie constructive. (Mazeau, 1997) [72] (Mazeau, 1999) [73]

Par ailleurs, chez les enfants présentant une négligence spatiale unilatérale due à une lésion cérébrale acquise, on retrouve un trouble de l'attention spatiale qui évolue rapidement vers un trouble de l'organisation de l'espace. (Chokron & Cavézian, 2011) [26] La sémiologie rejoint alors celle du trouble visuo-spatial de l'ancien prématuré. (Leroy-Malherbe, Laurent-Vannier et al., 2002) [66]

Des difficultés psychologiques et comportementales

Dans le cas de la cécité corticale chez l'adulte, au stade initial, les patients présentent un état confusionnel auquel s'associent une anosognosie, des hallucinations et une désorientation temporo-spatiale. Tous ces éléments peuvent évoquer un tableau psychiatrique ou korsakovien. Par ailleurs, du fait de l'anosognosie, l'hospitalisation du patient peut générer une incompréhension pouvant aller jusqu'au trouble de la personnalité voire une paranoïa. C'est pourquoi certains patients sont dirigés vers un service de psychiatrie avant que le diagnostic neurologique ne soit posé. (Chokron, 2013b) [24]

Chez l'enfant, la difficulté à orienter le diagnostic vers un trouble neurovisuel est encore plus marquée : la cécité corticale peut passer inaperçue pendant plusieurs années voire ne jamais être diagnostiquée. Ces enfants, dont le champ visuel n'a pas été testé, peuvent alors être considérés comme ayant des troubles graves du développement d'origine psychiatrique et/ou neurologique. Les patients peuvent même être accusés de simulation. (Chokron, 2013b) [24]

Chez le tout petit, la non-perception ou la non-reconnaissance de l'entourage et de l'environnement peut générer une anxiété massive et un repli sur soi. Ces éléments peuvent alors orienter le diagnostic vers un trouble grave de l'interaction, alors que ces signes cliniques sont dus au trouble neurovisuel. (Chokron, Cavézian et al., 2010) [27]

Par ailleurs, certains troubles visuels observés chez des patients schizophréniques sont similaires à ceux observés dans les lésions pariétales. Cela complique une fois de plus le diagnostic de l'origine neurologique ou psychiatrique du trouble. (Maruff, Hay et al., 1995) [70]

III- Etiologie des troubles neurovisuels chez l'enfant

Différentes études (Chokron & Démonet, 2010) [28] (Chokron & Cavézian, 2011) [26] ont montré que les troubles neurovisuels pouvaient avoir des conséquences sur le développement de l'enfant, notamment sur les plans cognitif, émotionnel et comportemental, et/ou au niveau de ses acquisitions scolaires. Il est donc primordial que ces enfants soient dépistés le plus précocement possibles afin d'avoir une prise en charge rapide. Pour cela, il est important de connaître les populations à risque.

1- Etiologies neurologiques diverses

Dans une étude menée sur une cohorte de 170 enfants présentant un trouble neurovisuel, Huo et al. ont étudié la prévalence, l'étiologie, le pronostic et les troubles neurologiques et ophtalmologiques associés. Ils ont montré que les quatre causes les plus fréquentes de troubles neurovisuels étaient l'hypoxie périnatale (22,4%), l'accident vasculaire cérébral (14,1%), la méningite (12,4%) et l'hypoxie acquise (10%). Ils ont également trouvés des étiologies moins fréquentes : l'hydrocéphalie (9 ,4%), la prématurité (7,7%), les kystes

intracrâniens (5,3%), les crises épileptiques (4,1%), les tumeurs cérébrales (2,9%) et l'exposition du fœtus à la drogue (1,8%). Dans 9,4% des cas, la cause est restée inconnue.

Ils ont également mis en évidence que 75,3% des enfants avec un trouble neurovisuel présentaient également des troubles neurologiques. On retrouve notamment l'épilepsie dans 52,9% des cas, la paralysie cérébrale (25,9%), la microcéphalie (15,3%), l'hémiparésie (11,8%) et l'hypotonie (5,3%). Seulement 4,7% de leurs patients présentaient un trouble neurovisuel isolé. (Huo, Burden et al., 1999) [55]

Cependant, une étude rétrospective menée par Khetpal et Donahue (2007) [59] a montré que les deux principales étiologies des troubles neurovisuels chez l'enfant sont un épisode hypoxique périnatal (36% des enfants) et la naissance prématurée (moins de 33 semaines d'aménorrhées : 30% des enfants). (Chokron, 2011) [22] De ce fait, des études sur ces deux étiologies ont été menées afin d'approfondir les connaissances sur ces populations à risque.

2- L'anoxie cérébrale périnatale

Les épisodes hypoxiques périnatals sont la première cause des troubles neurovisuels. Il est donc essentiel de comprendre le mécanisme physiopathologique de l'anoxie cérébrale et ses conséquences sur le cerveau du nouveau-né. (Hoyt, 2003) [53]

a- Définition

L'anoxie (ou asphyxie) correspond à un déficit en oxygène au niveau des organes vitaux tels que le cerveau et le cœur. L'hypoxie, quant à elle, correspond à un déficit en oxygène au niveau des tissus périphériques tels que la peau, les muscles squelettiques, les intestins, les reins, le foie. La diminution de la quantité d'oxygène dans le sang est appelée hypoxémie. (Doret, Constans et al., 2010) [37]

L'asphyxie néonatale est une cause importante de mortalité et de morbidité du nouveau-né prématuré et à terme. Il peut y avoir des lésions cérébrales d'origine anoxo-ischémique. L'encéphalopathie hypoxo-ischémique est une complication fréquente et sévère de l'asphyxie néonatale. Elle correspond à une souffrance anoxique du cerveau du nouveau-né. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5] Selon Girard, Chaumoitre et al. (2003) [49] l'incidence de l'encéphalopathie hypoxo-ischémique est estimée à 0,4% des naissances à terme et 1,8% des naissances prématurées. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

Chez le nouveau-né à terme, c'est la substance grise (cortex et noyaux gris centraux) qui est lésée en premier lieu en cas d'hypoxie ischémique, alors que chez le prématuré ce sera la substance blanche périventriculaire. (Amiel-Tison & Gosselin, 2010) [3]

b- Mécanismes physiopathologiques

L'anoxie périnatale a des conséquences métaboliques, hémodynamiques et cérébrales :

Conséquences métaboliques : le manque d'oxygénation des tissus entraîne la production d'acide lactique ce qui provoque une acidose métabolique.

Conséquences hémodynamiques : dans un premier temps le débit cardiaque reste inchangé mais le cerveau et le cœur sont vascularisés en priorité, au dépend d'autres organes comme les reins ou le foie. Si l'anoxie se prolonge, l'acidose lactique croissante altère le fonctionnement du myocarde. Il en résulte une chute de la fréquence cardiaque et du débit cardiaque.

Conséquences cérébrales : l'anoxie peut provoquer des lésions cérébrales. Chez le nouveau-né à terme, les zones les plus sensibles sont le cortex, la substance blanche sous-corticale et les noyaux gris centraux. (Chabernaud, 2005) [19]

Au niveau cérébral, les lésions cellulaires surviennent en deux phases :

- Au cours de la première phase, on observe une mort neuronale précoce qui est due à l'hypoxie cellulaire. En effet, cette dernière provoque la mise en place d'un système anaérobie (Doret, Constans et al., 2010) [37] et donc une importante diminution des réserves énergétiques en ATP. Ces modifications peuvent alors aboutir à la lyse cellulaire. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

- La seconde phase est caractérisée par une mort neuronale dite retardée et elle a lieu dans les heures ou les jours qui suivent l'atteinte ischémique. Elle est due à une cascade de processus pathologiques cytotoxiques qui est à l'origine de la perte des neurones. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5] Paradoxalement, la reperfusion va générer un stress oxydatif avec la libération de radicaux libres et la synthèse de NO (monoxyde d'azote). L'anoxie cérébrale induit également une libération excessive d'acides aminés excitateurs comme le glutamate. Tous ces éléments concourent à

déclencher une cascade excitotoxique qui est responsable de la mort cellulaire. (Zupan, Boithias et al., 2001) [103]

Chez l'enfant né à terme on pourra observer des phénomènes de gliose c'est-à-dire la prolifération de cellules gliales qui vont occuper les zones du cerveau endommagées par l'atteinte ischémique. Elles forment un tissu cicatriciel. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

Par ailleurs, les zones cérébrales lésées et les modes de lésion dépendront de la durée, de la sévérité et du mode d'hypoxie (aiguë ou chronique), ainsi que de l'âge gestationnel au moment de l'épisode hypoxique. (Dalens, Solé et al., 2006) [31]

c- Conséquences sur le cerveau

Lorsque l'hypoxie est modérée, le nouveau-né prématuré peut présenter une leucomalacie périventriculaire et une ischémie de la substance blanche adjacente. Ce tableau peut être compliqué par des hémorragies. Chez le nouveau-né à terme, cela peut provoquer des lésions corticales dans les zones frontières entre deux territoires vasculaires : entre le cortex frontal et le cortex pariéto-occipital. De plus, l'IRM met en évidence un amincissement cortical et une raréfaction de la substance blanche sous-corticale.

Lorsque l'hypoxie est grave et aiguë, l'examen IRM chez le prématuré révèle, à distance, une atteinte des noyaux gris centraux, du tronc cérébral et du cervelet. Cela s'accompagne éventuellement d'une leucomalacie périventriculaire. Chez l'enfant né à terme, les atteintes se situeront au niveau des noyaux gris centraux dont le thalamus avec le corps géniculé latéral, les radiations optiques, l'hippocampe et les faisceaux cortico-spinaux. (Dalens , Solé et al., 2006) [31] Cela peut également provoquer une nécrose corticale. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

L'hypoxie périnatale peut donc être un facteur responsable de déficits visuels centraux puisqu'elle peut léser les zones cérébrales intervenant dans la vision.

3- La prématurité

Les études de Durnian, Cheeseman et al. (2010) [38] ou de Robertson, Watt et al. (2009) [89] ont montré que deux enfants sur mille présentent un trouble neurovisuel (au sens large) à leur naissance et la proportion passe à neuf pour mille chez les enfants nés prématurément (entre 20 et 27 semaines de gestation révolues). (Kozeis, 2010) [61]

Il est donc important de comprendre de quelle façon la prématurité joue un rôle dans l'apparition de troubles neurovisuels.

a- Définition

Selon la définition de l'OMS, toute naissance est considérée comme prématurée lorsqu'elle survient avant 37 semaines révolues d'aménorrhée définie par le premier jour des dernières règles (soit 35 semaines de grossesse au lieu de 40 semaines normalement). L'OMS distingue trois niveaux de prématurité :

- La prématurité extrême (<28 semaines)
- La grande prématurité (entre la 28ème et la 32ème semaine)
- La prématurité moyenne voire tardive (entre la 32ème et la 37ème semaine).

La prématurité est donc définie selon l'âge gestationnel des nouveau-nés, quel que soit leur poids de naissance. (Les naissances prématurées. (2012) Aide-mémoire N°363. OMS) [B]

Aujourd'hui, grâce aux avancées scientifiques en néonatalogie, la limite pratique de la viabilité du très grand prématuré est estimée à 22 SA (semaines d'aménorrhée). Cependant, ces naissances présentent des risques accrus de complications et de séquelles. (Prématurité : un monde à explorer. 2012. INSERM) [C]

Il existe deux types de prématurité : la prématurité spontanée qui résulte d'un déclenchement inopiné du travail et la prématurité induite ou iatrogène qui correspond à l'interruption d'une grossesse avant son terme pour raisons médicales. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

b- Mécanismes physiopathologiques

Normalement, une étape cruciale de l'organogenèse a lieu sur cette période de la gestation concernée par les naissances prématurées. Au centre du cerveau et au contact des ventricules cérébraux, des cellules neuroblastiques sont regroupées et forment une structure transitoire

appelée la plaque germinative ou subplate neurons. Normalement, entre la 26ème et la 35ème semaine, ces cellules vont migrer pour prendre place dans le cortex cérébral grâce aux prolongements des cellules astrocytaires. Cela permet normalement de développer des connexions entre le cortex, le thalamus et le corps calleux. Ces phénomènes de migration et de multiplication cellulaires réclament une contribution énergétique importante et donc une vascularisation importante.

Or, chez l'enfant né prématurément, la vascularisation cérébrale est l'une des fonctions les moins prêtes à affronter la vie extra-utérine. En effet, ces vaisseaux présentent une vulnérabilité importante car les parois ne sont formées que d'une seule couche de cellule endothéliale. De plus, au niveau cérébral, les vaisseaux ne forment pas de réseau vasculaire dû à l'absence d'anastomoses ce qui aurait garanti une irrigation généreuse des tissus. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Or, Volpe et al. (1997) [100] ont montré que la perfusion de la substance blanche profonde était nettement diminuée chez le prématuré en cas d'asphyxie. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5] C'est donc la substance blanche qui est ischémiée en premier lieu lorsque le débit sanguin diminue, et plus particulièrement celle qui est proche des ventricules cérébraux latéraux. La substance blanche est alors sous-nutrie et cette situation peut mener à la nécrose et la mort cellulaire. On parle alors de leucomalacie périventriculaire. Les zones lésées seront comblées secondairement par des cellules gliales. Les leucomalacies sont plus souvent bilatérales, mais pas forcément symétriques. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Sa prévalence est de 4 à 10% chez les enfants nés avant 35 SA (Marret, 2003) [68] et elle est exceptionnelle chez les enfants nés à terme. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

Par ailleurs, l'hypoxie entraîne la libération massive d'acides-aminés qui influeraient sur la vulnérabilité des oligodendrocytes immatures. De plus, l'accumulation de glutamate extracellulaire, de cytokines et de cellules de l'inflammation aurait un effet délétère direct sur la myélinisation. (Anthonioz, Loisel et al., 2006) [5]

Les acides aminés libérés lors de la reperfusion empêchent la zone germinative de développer les connexions entre le cortex, le thalamus et le corps calleux. Des effets délétères similaires ont été relevés au niveau de l'hippocampe. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Selon Marret, Zupan et al. (1998) [69], le mécanisme physiopathologique de la LPV est donc multifactoriel. Il combine des facteurs anténatals et périnatals tels l'hypoxie-ischémie, le stress oxydatif, la déficience en facteurs trophiques d'origine maternelle ou placentaire, l'infection et l'excès de cytokines. (Plaisant, Dommergues et al., 2005) [86]

En plus des lésions ischémiques, le bébé prématuré présente plus de risques d'hémorragies cérébrales et périnatales.

c- Conséquences sur les voies visuelles

Les lésions ischémiques dans les leucomalacies périventriculaires (LPV) vont concerner préférentiellement deux voies : les voies motrices et les voies optiques rétro-chiasmatiques.

Les LPV peuvent s'étendre aux différents lobes cérébraux : elles peuvent alors être frontales, pariétales et occipitales. Leurs sites de prédilection sont les aires pariétales postérieures et les radiations optiques dans la région occipitale. En effet, les radiations optiques longent la corne occipitale du ventricule latéral où les leucomalacies sont fréquentes. (Amiel-Tison, 2005) [2] Donc les lésions peuvent concerner les zones cérébrales qui s'occupent, de façon plus ou moins directe, de la modalité visuelle. On peut également retrouver des LPV dans les structures sous-corticales, en particulier les régions thalamiques. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Grâce aux potentiels évoqués recueillis dans les aires de réception primaire des traits anormaux ont été mis en évidence dans la voie parvocellulaire qui donnera ventrale et qui traite les détails des stimuli visuels et donc plutôt de la reconnaissance des formes et dans la voie magno-cellulaire qui donnera la voie dorsale et qui gère plus particulièrement la forme globale des stimuli visuels et leur localisation spatiale. De plus, l'agencement architectural des cellules corticales visuelles est, lui aussi, perturbé. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Par ailleurs, les enfants présentant une LPV auraient un champ visuel plus réduit de manière concentrique comparé aux enfants normaux et de même âge chronologique. Ils présenteraient également des difficultés de fixation oculaire.

Toutes ces difficultés ont une incidence sur l'appréhension des relations spatiales. (Bloch, Lequien et al., 2003) [12]

Il faudra noter que des pathologies anténatales peuvent s'ajouter à ces deux étiologies. De plus, prématurité et anoxie périnatale peuvent être associées.

IV- Troubles neurovisuels et troubles neuropsychologiques

Les troubles neurovisuels, affectant la perception visuelle, la reconnaissance, l'orientation du geste et le repérage dans l'espace, représentent une part importante des causes de troubles spécifiques des apprentissages.

En effet, les apprentissages chez l'enfant dépendent de différentes et multiples fonctions cognitives. Ainsi un même trouble cognitif peut retentir sur différents apprentissages. (Mazeau, 2005) [74]

Cependant, certains symptômes de troubles neurovisuels passent fréquemment inaperçus ou sont confondus avec ceux d'une dyslexie visuo-attentionnelle ou d'une dyspraxie. C'est pourquoi les troubles neurovisuels sont rarement reconnus comme étant à l'origine de retards dans les acquisitions scolaires. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98]

Par ailleurs, ces troubles neurovisuels résultant d'atteintes corticales peuvent être associés à d'autres troubles neuropsychologiques résultant de lésions cérébrales concomitantes.

C'est pourquoi le bilan neuropsychologique est essentiel pour évaluer quels sont les mécanismes cognitifs lésés et quel est leur retentissement sur les apprentissages de l'enfant.

Parmi les troubles neuropsychologiques les plus fréquemment associés aux troubles neurovisuels, on trouve les troubles praxiques, les troubles de la lecture et les troubles des fonctions exécutives, de l'attention et de la mémoire.

1- Les troubles praxiques

Nous aborderons en premier lieu les dyspraxies qui regroupent habituellement dans la littérature les troubles praxiques, avant de nous intéresser au lien de cause à effet direct entre les troubles neurovisuels et les troubles praxiques associés récemment mis en évidence.

Les dyspraxies, aussi appelées troubles d'acquisition de la coordination, sont des troubles de la planification, de la programmation et de la réalisation du geste volontaire ayant pour origine un trouble du traitement spatial et de la gestion mentale du geste, en l'absence de troubles moteurs. Ce trouble sera donc à l'origine d'un retard psychomoteur, de problèmes d'habileté et gênera la réalisation de certaines activités ou exercices. (Mazeau, 2010) [76]

Le type de dyspraxie le plus rencontré est la dyspraxie visuo-spatiale. Elle associe des difficultés de construction de l'espace en deux dimensions à des troubles de l'exploration visuelle. Ces déficits résultent de lésions de la voie dorsale, c'est-à-dire occipito-pariétale, qui est responsable de l'analyse du message visuel. (Dalens, Solé, et al., 2006) [31]

Ce type de dyspraxie se trouve souvent associé à un trouble du regard qui intervient dans l'orientation et le contrôle visuel du mouvement. La direction de l'œil et des saccades coordonnées à la perception de l'espace et à la reconnaissance de l'objet à manipuler permettent en effet la réalisation d'un geste précis et construit.

Ce trouble du geste se trouve donc intimement lié au trouble du regard qui empêche l'apprentissage des mouvements d'assemblage. Il peut être considéré comme une conséquence gestuelle directe du trouble neurovisuel et donc comme un trouble praxique secondaire au trouble neurovisuel.

En effet les difficultés de perception et d'analyse de la tâche s'associent à des problèmes de repérage et d'orientation dans l'espace.

Des observations cliniques sur la maladresse de l'enfant et sur un échantillon d'enfants dyspraxiques ont permis de mettre en évidence la présence de troubles neurovisuels (oculomoteurs et du regard) à l'origine de ces troubles. (Vaivre-Douret, 2007) [95]

Au regard des modèles récents décrivant les processus engagés dans une action volontaire, on sait à présent que la vision intervient non seulement dans la programmation du mouvement mais également dans son contrôle et son ajustement au fil de l'action.

A partir de ces recherches, il est donc à présent avéré que la vision intervient dans le contrôle de la posture, les activités manuelles et l'acquisition de la marche. La présence d'un trouble neurovisuel pourra donc perturber la réalisation de ces différents mouvements.

Dans le cas d'un enfant atteint de négligence spatiale unilatérale, des troubles moteurs akinétiques ou hypokinétiques spontanés ont été mis en évidence du côté négligé. (Cavézian & Chokron, 2010) [17]

L'ataxie optique constitue quant à elle un trouble majeur de la coordination visuo-manuelle.

En effet, l'étude de Jeannerod et Rosseti de 1993 montre que les coordonnées rétinocentriques seraient converties en repères égocentriques et permettraient ainsi de diriger les mouvements en direction d'une cible. (Chokron & Gaudry, 2010) [29]

Ces éléments nous invitent donc à considérer les dyspraxies spatiales et constructives d'un œil nouveau. Elles ne seraient plus un trouble du geste isolé, mais résulteraient de la présence de troubles neurovisuels. En effet, il a été démontré qu'une prise en charge rééducative de type neurovisuelle conviendrait mieux à la rééducation de ces troubles qu'une prise en charge essentiellement praxique.

Les troubles neurovisuels peuvent également altérer les activités manuelles, et plus particulièrement l'écriture. Ces troubles de l'écriture peuvent se manifester par des difficultés à lier les lettres ou à suivre la ligne, ainsi que par une micrographie.

Des troubles de l'écriture de type confusion du jambage entre les lettres « m » et « n » ont par ailleurs été observés dans le cadre d'une NSU.

Il est donc maintenant avéré que les capacités d'intégration visuo-motrices conditionnent la qualité de l'écriture de l'enfant. (Cavézian & Chokron, 2010) [17]

2- Les troubles de la lecture

La lecture consiste à extraire du sens d'une suite de signes graphiques écrits appartenant à un code arbitraire commun. Ces signes appelés graphèmes sont associés aux phonèmes de la langue orale.

Ce code nécessite donc un apprentissage consistant à assembler les phonèmes en syllabes puis les syllabes en mots. Cette procédure de déchiffrage se fait donc par la voie d'assemblage aussi appelée voie sublexicale. Ce déchiffrage permet l'enregistrement de la forme écrite des mots au sein du lexique orthographique.

Une fois la lecture acquise et le stock lexical orthographique constitué, le lecteur confirmé utilise la voie d'adressage ou lexicale pour reconnaître les mots du lexique de façon globale.

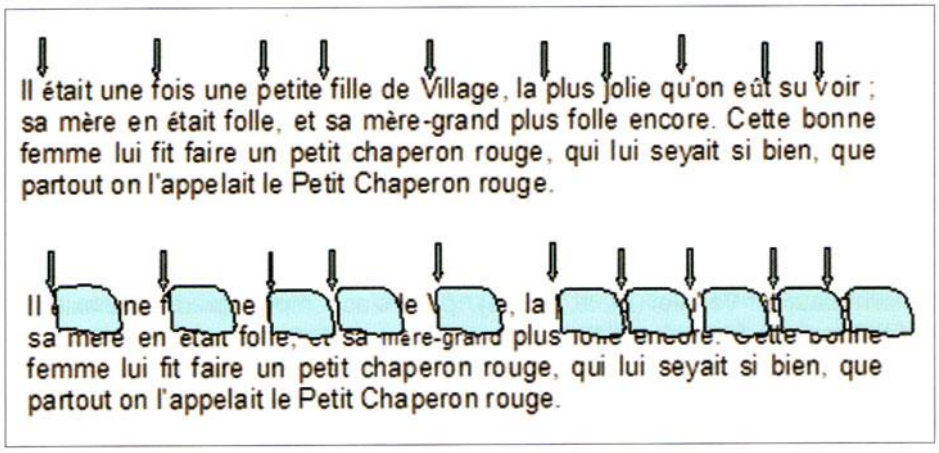
La lecture fait donc appel à différentes compétences cognitives qui sont la conscience phonologique qui permet le découpage du mot en plusieurs sons, la connaissance des conversions grapho-phonémiques, les compétences de mémoire de travail et la dénomination rapide. (Billard, de Villèle et al., 2013) [9]

La lecture fait également appel à des processus et des compétences visuelles essentielles : les mouvements oculaires et la perception visuelle. En effet, elle s'appuie sur les stratégies d'orientation du regard qui impliquent des saccades oculaires de progression et de régression mais aussi une grande saccade de droite à gauche pour permettre le retour à la ligne. La saccade normale se porte sur le milieu du mot, légèrement orientée sur la gauche de celui-ci. Afin de poursuivre la lecture, la saccade suivante s'appuie alors sur la rétine périphérique. (Mazeau & Le Lostec, 2010) [77]

Ces saccades s'alternent avec des fixations sur des groupes de lettres. Ces stratégies sont essentielles car elles interviennent dans les toutes premières étapes de la lecture, l'identification et la sélection des éléments visuels pertinents.

Ainsi, la vision fovéale associée aux informations visuelles périphériques permet l'identification des lettres, des syllabes puis des mots. En effet, la vision fovéale permet d'identifier les mots avec une grande acuité tandis que la vision périphérique permet d'anticiper et de programmer le déplacement des yeux sur le mot suivant.

Dans le cas de troubles neurovisuels qui altèrent l'intégrité du champ visuel, tels que l'hémianopsie latérale homonyme ou le scotome d'origine centrale, les capacités de lecture de l'enfant peuvent être affectée. La lecture s'appuie sur un balayage visuel allant de gauche à droite et sera donc affectée par une hémianopsie latérale homonyme droite qui gênera la programmation du mouvement des yeux en direction des mots suivant. Lorsque ce trouble est important, il peut être qualifié d'alexie hémianopsique. (Leff, Spitzyna, et al., 2006 [65] cité par Chokron & Gaudry, 2010) [29] (figure 7)



Légende : Simulation de ce qu'un patient souffrant d'une hémianopsie latérale homonyme droite voit lorsqu'il fait les mêmes saccades en lecture (⇓) qu'un sujet normal. Représentation d'une ligne de texte amputée dans sa partie droite par l'hémianopsie latérale homonyme droite. Le patient hémianopsique souffrant d'une amputation de son hémichamp visuel droit éprouve alors des difficultés à planifier les saccades visuelles pour suivre la ligne de texte (Macdonald *et al.*, 2006).

Figure 7 : Schématisation de la lecture chez un patient ayant une H.L.H droite (Chokron & Démonet, 2010)[28] p.277

La vitesse de la poursuite oculaire définit la sévérité du trouble neurovisuel associé au trouble de la lecture. On considère que le trouble est modéré lorsque la vitesse de poursuite est supérieure à 0,6 ou 0,7 c/s. le trouble est considéré comme sévère lorsque la vitesse est inférieure à 5 c/s. (Mazeau, 1995) [71]

Le scotome d'origine centrale affectera quant à lui l'acuité et la qualité de la vision de l'enfant.

Par ailleurs, d'autres troubles neurovisuels portant davantage sur l'attention visuelle peuvent être à l'origine de troubles de la lecture.

La négligence spatiale unilatérale pourra ainsi provoquer des phénomènes de négligence des mots à lire lorsque ces mots se trouvent dans l'espace négligé. Ces phénomènes s'accompagnent fréquemment de paralexies lorsque le patient ajoute des mots afin de conserver le sens du texte ainsi altéré par la négligence.

La simultagnosie pourra quant à elle perturber l'aptitude à regrouper les lettres vues ce qui va considérablement ralentir la lecture.

Lors d'une récupération suite à une cécité corticale, l'enfant peut être confronté à un déficit de reconnaissance du matériel orthographique, ce qui peut favoriser le développement d'un

trouble de l'apprentissage de la lecture semblable à une alexie agnosique chez l'adulte. (Cavézian & Chokron, 2010) [17]

D'autres études récentes montrent qu'un déficit de transmission des informations visuelles rapides de la rétine au cortex visuel peut entraîner des troubles de la lecture. A cause de ce déficit, l'image du mot persisterait trop longtemps et les contrastes des stimuli visuels rapides seraient moins bien perçus. Cela engendrerait une superposition des images lors de la lecture, ce qui compliquerait considérablement la reconnaissance des lettres et des mots.

Par ailleurs, il a aussi été mis en évidence qu'un trouble visuo-attentionnel peut se traduire par des difficultés de lecture au niveau de l'identification des lettres et de la représentation mentale de leur forme, ainsi qu'au niveau de la perception spatiale de leur place au sein des mots. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98]

3- Les troubles de l'attention et des fonctions exécutives

Les différents modèles cognitifs successifs basés sur l'étude de patients souffrant de syndromes frontaux ont permis de décrire le fonctionnement et le rôle des fonctions exécutives. Elles regroupent un ensemble de processus qui se mettent en place pour adapter une action à une situation particulière pour laquelle les mécanismes automatico-volontaires ne sont pas suffisants. Par ailleurs ces fonctions administrent, régissent et supervisent toutes les autres fonctions qui sont plus spécifiques.

Les différents processus cognitifs mis en jeu lors d'une action sont le choix d'une stratégie adaptée, la planification des étapes en vue de la réalisation, la flexibilité mentale qui permet d'adapter l'action pendant sa réalisation en fonction des différents feed-back reçus et enfin l'inhibition des mécanismes automatico-volontaires au profit de mécanismes plus adaptés.

Les fonctions exécutives dépendent de réseaux qui mettent en relation les aires frontales avec les structures corticales et sous-corticales. (Godefroy, Jeannerod, et al., 2008) [50]

Etant impliquées dans le contrôle de toute activité cognitive, elles nécessitent d'être évaluées lorsque de potentiels troubles cognitifs sont évoqués. (Deslandre, Lefèbvre et al., 2004) [36]

Les capacités attentionnelles interviennent au sein de toutes les fonctions cognitives, c'est pourquoi les processus d'attention sont primordiaux et fondamentaux.

Les déficits de l'attention sont très fréquents et peuvent être causés par des atteintes des réseaux frontaux en lien avec les réseaux pariétaux et occipitaux.

La maturation de la zone frontale se faisant tardivement et longuement, ces fonctions sont donc particulièrement exposées aux troubles du développement. Par ailleurs cette maturation se fait en parallèle et en liaison avec celle des fonctions oculomotrices. Les déficits des fonctions cognitives frontales et plus particulièrement attentionnelles se trouvent donc fréquemment associés aux troubles oculomoteurs et visuo-spatiaux, notamment chez les anciens prématurés.

L'attention s'appuie donc sur différents processus cognitifs et se compose de nombreuses fonctions telles que la sélection de l'information, la focalisation, la résistance aux distractions ou encore le contrôle de l'action en cours.

Les troubles de l'attention visuelle peuvent se rencontrer dans le cadre de différentes pathologies neurovisuelles.

Dans le tableau clinique du Syndrome de Balint, le trouble attentionnel visuel s'apparente à la simultagnosie, c'est-à-dire au rétrécissement du champ visuel qui empêche la perception de deux objets en simultané. Un environnement visuel trop riche peut ainsi perturber le jeune patient et l'empêcher de focaliser son attention. (Dalens, Solé et al., 2006) [31]

La simultagnosie peut donc rendre difficiles les tâches de lecture, d'écriture, de dénombrement, de dessin et d'analyse d'une image complexe. (Chokron, 2013a) [23]

La Négligence Spatiale Unilatérale entraîne également un trouble de l'attention caractérisé par un dysfonctionnement des mécanismes d'orientation de l'attention spatiale.

En effet, selon l'hypothèse de Kinsbourne en 1987, la Négligence Spatiale Unilatérale serait à l'origine d'un biais d'orientation de l'attention. Cette hypothèse est fondée sur le fait que l'attention de chaque espace visuel est contrôlée par l'hémisphère cérébral controlatéral et que ces deux hémisphères s'inhibent mutuellement afin d'exercer correctement leur action.

Dans le cas d'une NSU gauche suite à une lésion au sein de l'hémisphère droit, l'inhibition de l'hémisphère gauche serait donc impossible. Cet hémisphère se trouverait donc hyperactivé et induirait donc un surcroît d'attention sur l'hémi-espace visuel droit. Cependant, on relève de nombreuses erreurs de la part des patients négligents dans cet espace visuel droit malgré ce surcroît attentionnel.

Le modèle de Heilman & Valenstein (1987) vient nuancer cette hypothèse. Ce modèle avance l'hypothèse d'une perte du réflexe d'orientation contralésionnel résultant d'un déficit attentionnel du côté contralésionnel. Ce déficit de l'éveil attentionnel serait provoqué par un dysfonctionnement d'une boucle réticulo-cortico-limbique. Lorsque cette boucle serait lésée, l'activation de l'hémisphère lésé serait insuffisante et s'accompagnerait d'un défaut d'orientation vers l'espace controlésionnel. (Chokron & Gaudry, 2010) [29]

L'orientation de l'attention visuelle serait donc à la fois automatique et volontaire. En effet, dans le tableau clinique d'évolution de la NSU, on note une persistance de ces difficultés d'orientation de l'attention visuelle automatique vers la gauche qu'on peut qualifier comme un défaut d'alerte de l'attention. (Chokron, 2013a) [23]

Un troisième modèle, celui de Posner (1978), vient apporter un éclairage supplémentaire à ces hypothèses. Selon lui, l'orientation de l'attention visuelle se déclinerait en trois opérations, le désengagement de la cible sur laquelle l'attention se focalise, le déplacement de l'attention en direction de la cible et enfin l'engagement de l'attention sur la cible. Dans le cas de patients négligents gauche, on rencontrerait donc un déficit du désengagement de l'attention à droite.

D'autres auteurs ont également avancé l'existence d'un déficit du maintien de la vigilance dans le cas d'une négligence gauche. La NSU s'accompagnerait donc de difficultés au niveau de l'attention soutenue permettant la détection de cibles visuelles. (Chokron & Gaudry, 2010) [29]

4- Les troubles de la mémoire

La mémoire fonctionne grâce à trois opérations essentielles, en premier lieu l'intégration ou l'encodage qui permet l'enregistrement et la fixation des informations, puis la rétention qui concerne le stockage et la conservation des données et enfin la restitution pour le rappel et l'utilisation des informations.

La perception sensorielle visuelle intervient au cours de l'étape d'encodage.

Les différents types de mémoire sont la mémoire procédurale, qui concerne les savoir-faire, la mémoire déclarative c'est-à-dire la verbalisation de ces savoir-faire, la mémoire épisodique qui est celle des évènements vécus, la mémoire didactique qui concerne les connaissances apprises et la mémoire sémantique qui conserve les concepts. La nature de la mémoire dépend du type d'informations stockées.

Par ailleurs, la mémoire peut être implicite, sans apprentissage nécessaire ou explicite c'est-à dire consciente.

Les informations issues de ces types de mémoire ne vont toutefois pas toutes intégrer la mémoire à long terme.

La mémoire à court terme comprend la mémoire immédiate qui stocke l'information pour une durée très limitée allant de quelques secondes à deux minutes maximum. Le temps de conservation de l'information est donc limité ainsi que l'empan. Les interférences intervenant pendant le stockage de l'information perturbent particulièrement ce type de mémoire.

La mémoire à court terme permet un stockage d'une durée un peu plus étendue allant de quelques minutes à plusieurs heures. Ce type de mémoire est le plus sujet aux pertes car il est fragile et fonctionne de manière séquentielle.

Enfin, la mémoire de travail appartient également à la mémoire à court terme et concerne les informations stockées en vue du traitement cognitif.

Selon le modèle de Baddeley de 1986, la mémoire de travail se compose de la boucle phonologique et du calepin visuo-spatial. (figure 8)

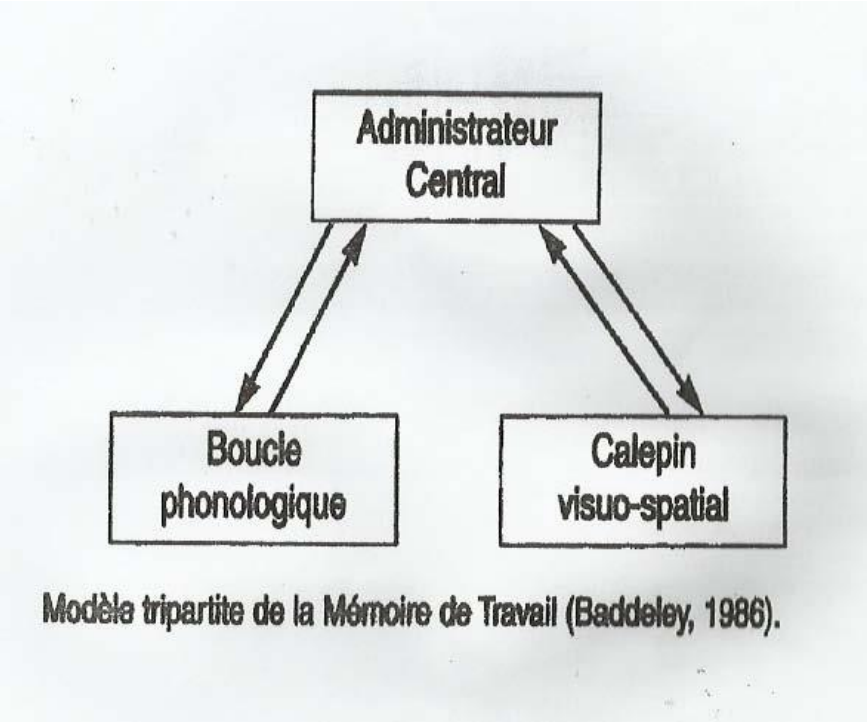


Figure 8: Modèle de la Mémoire de Travail (Baddeley, 1986)

La boucle phonologique permet le stockage temporaire de l'information verbale. Elle participe à la constitution du stock phonologique et s'appuie sur le processus de récapitulation articulatoire. (Deschamps & Moulignier, 2005) [35]

Le calepin visuo-spatial stocke temporairement les informations visuelles et spatiales. Il joue un rôle important dans la manipulation d'images mentales, le stockage visuel et le fonctionnement du mécanisme de rappel spatial. (Meulemans, Desgranges et al, 2003) [79] Il sera donc possiblement affecté par la présence de troubles neurovisuels.

La mémoire est dite prospective lorsqu'elle concerne les choses à venir, à faire. Elle est rétrograde lorsqu'elle conserve les informations venant avant le fait présent ou le traumatisme, ou antérograde lorsqu'elle conserve les faits postérieurs au fait présent.

Le siège anatomique de la mémoire est appelé circuit de Papez ou circuit hippocampo-mamillo-thalamique. La circulation se fait entre le lobe temporal, le lobe frontal et à nouveau le lobe temporal. (Deschamps & Moulignier, 2055) [35]

Dans le cadre de la Négligence Spatiale Unilatérale, des études de Bisiach et ses collaborateurs ont avancé le fait que le phénomène de négligence ne se manifeste pas

uniquement au niveau de la perception visuelle externe, mais également au niveau de la représentation de l'espace en visualisation.

Il apparaît donc que la NSU puisse induire des troubles de la mémoire spatiale rétrograde et antérograde. En effet, dans leur étude, Bisiach et Luzatti (1978) [11] ont mis en évidence le fait que lorsque les patients négligents gauche décrivent de mémoire un lieu familier, ils négligent fréquemment la moitié gauche de l'image représentée mentalement. (Chokron, 2013a) [23]

Cela vient confirmer leur hypothèse affirmant que les représentations mentales internes des stimuli visuels sont affectées par la négligence. (Chokron, 2013a) [23]

Par ailleurs, il a été mis en évidence qu'un trouble de la mémoire spatiale pouvait engendrer un trouble de l'exploration de l'hémi-espace controlatéral à l'hémi-espace négligé. En effet, il existerait une persévération de l'exploration de l'espace droit au détriment de l'espace gauche négligé. (Chokron & Gaudry, 2010) [29]

Au sein du tableau clinique de la cécité corticale, l'anosognosie et les hallucinations visuelles sont associées à un trouble conséquent de la mémoire antérograde allant de pair avec une importante désorientation temporelle et spatiale.

Par le passé, ce trouble de la mémoire a fréquemment été interprété à tort comme un trouble mental.

La cécité corticale se caractérisant par une atteinte postérieure, il paraît cohérent que cette atteinte puisse être à l'origine de troubles de la mémoire antérograde ou mémoire de fixation.

Par ailleurs, on peut supposer que ce trouble mnésique perturbant l'orientation et le repérage temporo-spatial soit une conséquence de la cécité corticale qui prive le patient de presque toutes les informations visuelles nécessaires à la perception et à la mémorisation d'informations nouvelles. (Chokron, 2013a) [23]

On peut donc imaginer le retentissement négatif de ces troubles sur les apprentissages de l'enfant sans cesse confronté à de nouvelles informations.

Problématique et hypothèses

Problématique

Les troubles neurovisuels sont largement décrits chez l'adulte mais depuis quelques années de nombreuses études se penchent sur les troubles neurovisuels chez l'enfant. Leur dépistage chez l'enfant est plus difficile puisqu'ils n'ont pas eu de système visuel intègre auparavant et ne vont donc pas forcément formuler une plainte visuelle précise.

De plus, on se rend compte que ces troubles neurovisuels peuvent avoir des conséquences sur le développement de l'enfant et peuvent interférer dans les sphères cognitive, émotionnelle, comportementale et des apprentissages. Leur dépistage précoce est donc fondamental. Mais il est également important de comprendre quels sont les troubles associés aux troubles neurovisuels, qu'ils soient dus directement ou indirectement à ces derniers, afin d'avoir une prise en charge plus globale de l'ensemble des troubles.

Or, les nouveau-nés ayant subi un épisode hypoxique périnatal et/ou nés prématurément présentent un risque accru d'avoir des troubles neurovisuels. De ce fait, notre protocole expérimental a pour but, dans un premier temps, de caractériser les troubles neuropsychologiques chez les enfants porteurs d'un trouble neurovisuel et de voir si un profil neuropsychologique spécifique se dégage pour chaque population (hypoxie/prématurité/hypoxie et prématurité).

Dans un second temps, nous essaierons de voir s'il existe un lien entre les difficultés observées dans le bilan neurovisuel et le bilan neuropsychologique et la présence d'une lésion visible à l'IRM.

Enfin, nous étudierons les corrélations entre les différentes épreuves du bilan neurovisuel et du bilan neuropsychologique. Une corrélation significative entre deux tâches peut alors signifier qu'elles font intervenir le même processus cognitif ou la même région cérébrale, ou bien que les difficultés à réaliser ces deux tâches sont dues à une même cause plus générale, ou alors que plus un trouble est sévère, plus les difficultés dans un ensemble de tâches sont importantes. Par ailleurs ces corrélations et le nombre d'échecs aux différentes épreuves pourraient faire ressortir des profils ou mettre en évidence un lien fort entre l'échec à une épreuve et la présence d'un certain type de trouble. Ces éléments seront primordiaux,

notamment lors d'un bilan car ils pourront aider le praticien dans l'orientation de son diagnostic et dans le choix des tests pour le vérifier.

Hypothèses

Dans la littérature, les troubles neurovisuels sont fréquemment associés à des troubles praxiques, de la lecture, de l'attention et des fonctions exécutives chez les enfants ayant rencontré des conditions de naissance difficiles. Notre population se composant d'enfants avec des antécédents de prématurité et/ou d'hypoxie périnatale, on s'attend à rencontrer l'effet de ce type de troubles associés dans les scores et les pourcentages d'échecs aux différentes épreuves du bilan neuropsychologique soumis aux enfants de notre échantillon.

En mesurant l'effet de ces antécédents périnataux sur les différentes épreuves du bilan, nous espérons mettre en évidence des différences significatives entre les performances des enfants des enfants des trois populations. On pourrait s'attendre à rencontrer des scores plus déficitaires dans l'échantillon d'enfants nés prématurément et ayant souffert d'hypoxie, notamment en ce qui concerne les épreuves avec une composante neurovisuelle importante ou les épreuves praxiques.

On s'attend également à mesurer des différences significatives entre l'échantillon d'enfants ne présentant pas de lésion visible à l'IRM et celui des enfants présentant des lésions cérébrales visibles à l'IRM. Ce second échantillon d'enfants devrait en principe présenter des scores plus déficitaires à certaines épreuves du bilan neuropsychologique.

En calculant les corrélations existant entre les différentes épreuves du bilan neurovisuel, notre étude vise à mettre en évidence les différents troubles pouvant s'associer mais aussi à affiner le choix des épreuves pertinentes pour les bilans neurovisuels de ces enfants. .

La présence de corrélations entre les épreuves du bilan neurovisuel et les épreuves à composantes visuelles devrait nous renseigner sur le retentissement des troubles neurovisuels sur les tâches faisant intervenir la modalité visuelle dans ses différents aspects. On s'attend à ce que certaines tâches qui font intervenir des processus similaires soient corrélées et que certaines tâches impliquant des processus conjoints présentent des scores déficitaires et des corrélations significatives cohérentes.

En recherchant les corrélations significatives entre les épreuves du bilan neurovisuel et les épreuves sans composantes visuelles, on recherche la présence de troubles associés aux

troubles neurovisuels pour pouvoir mettre ainsi en évidence les tâches cognitives qui s'appuient sur des processus neurovisuels et dont les troubles neurovisuels peuvent être la source.

Ces corrélations pourront également nous permettre de définir quels processus cognitifs, neurovisuels ou non, se développent et peuvent être atteints conjointement.

Par ailleurs, il est possible que les résultats à certaines épreuves soient en réalité le reflet des troubles neurovisuels et deviendraient alors ininterprétables. Lorsque l'on propose un test, il faut savoir ce que l'on teste.

PARTIE PRATIQUE

I- Population d'étude

1- Choix de la population

Critères d'inclusion :

La population d'étude est composée de 26 enfants présentant les caractéristiques suivantes :

- Parmi ces enfants, on trouve 13 garçons et 13 filles adressés pour une suspicion de troubles neurovisuels.
- Au moment de la passation des épreuves du protocole, ils sont âgés d'au moins 6 ans et de 14 ans maximum. L'enfant le plus jeune avait 6 ans 11mois et le plus âgé avait 13 ans 1 mois.
- Tous ces enfants ont souffert d'une hypoxie périnatale et/ou de prématurité. L'épisode hypoxique périnatal est mis en évidence par un score d'APGAR chuté et/ou l'existence d'une souffrance fœtale au moment de l'accouchement (cyanose, enroulement du cordon ombilical autour du cou, méconium, arythmie, etc.). On considère un enfant comme prématuré lorsque sa naissance survient avant 37 semaines d'aménorrhée.

Critères d'exclusion :

- Les enfants de moins de 6 ans et de plus de 14 ans n'ont pas été inclus dans l'étude.
- Les enfants ne devaient pas présenter de maladie génétique.
- Il ne devait pas y avoir eu d'événement de vie post-natal ayant entraîné des lésions cérébrales (AVC, traumatisme crânien, épilepsie,…).

2- Recrutement de la population

La population a été sélectionnée parmi des patients venus pour une première consultation en vue d'un bilan neurovisuel complet ou parmi des patients qui sont suivis par les neuropsychologues et/ou les orthophonistes de l'Unité Fonctionnelle Vision et Cognition (responsable : S. Chokron) de la Fondation Ophtalmologique Adolphe de Rothschild.

Les parents de ces enfants ont reçu une lettre d'invitation leur proposant que leur enfant bénéficie d'une évaluation neuropsychologique approfondie dans le cadre d'un protocole de recherche.

En contrepartie, le service s'engageait à faire un compte-rendu oral aux parents après la passation du bilan et un compte-rendu écrit qui leur serait envoyé par la suite. Si besoin est, des indications quant aux prises en charges et/ou aux adaptations nécessaires seraient fournies.

Il a été précisé aux parents que le bilan est réalisé dans le cadre d'un travail de recherche clinique essayant d'établir les profils neuropsychologiques des enfants présentant des troubles neurovisuels à la suite d'un épisode hypoxique périnatal et/ou d'une naissance prématurée. Ils ont été informés que les données seraient recueillies en vue d'une utilisation dans des analyses statistiques, sous couvert d'anonymat.

<u>Tableau 1</u> : Caractéristiques cliniques de la population

Sujet N°	Genre (1)	Latéralité manuelle (2)	Age
1	G	D	9 ans 11 mois
2	G	D	7 ans 0 mois
3	F	D	10 ans 7 mois
4	G	D	9 ans 11 mois
5	F	D	8 ans 2 mois
6	F	D	9 ans 4 mois
7	F	D	10 ans 8 mois
8	G	D	6 ans 11 mois
9	F	D	7 ans 5 mois
10	G	D	7 ans 11 mois
11	G	D	8 ans 0 mois
12	G	D	10 ans 0 mois
13	F	G	8 ans 5 mois
14	F	D	8 ans 2 mois
15	G	G	10 ans 1 mois
16	F	G	7 ans 7 mois
17	F	G	10 ans 6 mois
18	G	D	8 ans 2 mois
19	G	G	11 ans 4 mois
20	G	D	7 ans 1 mois
21	F	G	8 ans 1 mois
22	G	D	8 ans 11 mois
23	F	G	11 ans 2 mois
24	F	D	10 ans 2 mois
25	G	D	13 ans 1 mois
26	F	D	10 ans 3 mois

(1) G = garçon ; F = fille

(2) La latéralité manuelle a été testée avec l'épreuve de Dellatolas. (De Agostini & Dellatolas, 1988) [33]

Tableau 2 : données anamnestiques

Sujet N°	Semaines d'aménorrhée à la naissance (1)	Poids de naissance (g)	Souffrance périnatale (2)	APGAR à 1 minute	APGAR à 5 minutes
1	**29 SA**	1180	Méconium + arythmie	9	10
2	**35 SA**	1940	RAS	10	10
3	**38 SA**	3580	RAS	10	10
4	**39 SA**	4500	Méconium	10	10
5	**38 SA**	3650	Cyanose	5	9
6	**27 SA**	1990	RAS	NR	NR
7	**38 SA**	2600	Etat de mort apparente	0	5
8	**35 SA**	2060	RAS	10	10
9	**31 SA**	1730	RAS	9	10
10	**40 SA**	3120	Méconium	10	10
11	**38 SA**	3600	Cyanose	10	10
12	**26 SA**	950	Arythmie + procidence du cordon	1	7
13	**28 SA**	2240	RAS	10	10
14	**36 SA**	2980	RAS	10	10
15	**36 SA**	2400	Arythmie + forceps	10	10
16	**38 SA**	2560	Méconium	NR	NR
17	**36 SA**	2110	Souffrance respiratoire, masque	NR	NR
18	**34 SA**	2180	AVC	10	10
19	**34 SA**	1890	RAS	10	10
20	**35 SA**	2580	RAS	8	9
21	**29 SA**	1240	Cyanose	NR	NR
22	**39 SA**	3140	Méconium	10	10
23	**37 SA**	1585	RAS	10	10
24	**37 SA**	3240	Arythmie	10	10
25	**36 SA**	3050	RAS	9	10
26	**30 SA**	1710	Souffrance fœtale aiguë + état de mort apparente	10	10

(1) Vert = naissance à terme ou au-delà du terme ; orange = prématurité moyenne voire tardive ; rouge = grande prématurité ; rose = prématurité extrême

(2) Méconium = ingestion de méconium au moment de l'accouchement ou in utero.

II- Conditions de passation

Le protocole a été soumis aux enfants de manière individuelle, dans un espace calme et bien éclairé, sur une journée.

Les parents et l'enfant sont d'abord reçus par le neuropsychologue afin d'établir un premier contact, d'expliquer le déroulement de la journée et de mettre l'enfant dans un climat de

confiance. Le protocole est présenté comme une succession de « petits jeux » ayant des niveaux de difficultés variables. Il est donc expliqué à l'enfant qu'il est normal que certaines épreuves lui paraissent plus difficiles que d'autres et donc qu'il est normal qu'il ne les réussisse pas toutes.

Pour la passation des tests, l'ordre n'est pas imposé et l'enfant peut à certains moments choisir celui qu'il préfère passer. Cela permet de rendre l'enfant acteur dans sa passation et de le mobiliser.

La passation sur une journée permet de s'adapter au rythme de chaque enfant et à son niveau d'attention et de fatigue. De ce fait, des pauses seront proposées au cours de la passation. Les épreuves attentionnelles seront réalisées après les pauses, lorsque l'enfant aura pu se remobiliser. Les consignes peuvent être répétées si l'enfant en a besoin et les planches de test sont centrées par rapport à l'enfant.

III- Présentation des épreuves

1- Bilan neurovisuel

Pour le bilan neurovisuel, ce sont des épreuves de la batterie EVA qui ont été utilisées. Cette batterie a été élaborée par l'équipe de Sylvie Chokron (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18] et permet une évaluation rapide et un dépistage spécifique des troubles visuo-attentionnels chez l'enfant en testant la perception, l'analyse et la mémoire visuelle ainsi que l'orientation de l'attention dans l'espace. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98] D'autres épreuves sont venues compléter le bilan.

a- Epreuves de la batterie EVA

La fixation : L'oculomotricité simple a été testée par des épreuves de fixation. Cette épreuve permet de tester la capacité de l'enfant à contrôler son regard en maintenant une fixation visuelle (fixation du regard de la personne en face de lui pendant 10 secondes). Un point est attribué si l'enfant a tenu pendant 10 secondes, aucun point n'est accordé si l'enfant bouge les yeux ou la tête. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18]

La poursuite : L'épreuve de poursuite visuelle permet de tester la qualité de la mobilité binoculaire. (Vilayphonh, Cavézian et al, 2009) [98] A l'aide d'une lampe de poche placée à

30 centimètre de l'enfant, l'examinateur réalise un déplacement pseudo-aléatoire (symbole de l'infini en mathématiques) de la source lumineuse. Cette tâche permet d'observer l'absence de décrochage visuel, la capacité de dissociation du mouvement oculaire du mouvement céphalique et la fluidité de la poursuite oculaire. Pour chacun de ces éléments, l'examinateur accorde un point, le score maximum est donc de trois points. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98]

La champ visuel : Cette épreuve permet d'évaluer la qualité et l'étendue du champ visuel. L'examinateur place un disque à 30 centimètres des yeux de l'enfant, à hauteur de son nez. L'enfant doit fixer une gommette jaune située au centre du disque et doit détecter les cibles qui lui sont présentées dans le champ central et dans le champ périphérique. Chaque cible identifiée vaut un point. Aucun point n'est accordé si l'enfant ne détecte pas la cible, ou s'il bouge la tête ou les yeux. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98] Le score maximal s'élève à 12 points.

L'extinction : Cette épreuve complète celle qui teste le champ visuel. En effet, elle évalue la capacité de l'enfant à détecter deux stimuli visuels présentés simultanément. Elle peut donc mettre en évidence une extinction visuelle qui correspond à l'impossibilité de détecter les deux stimuli présentés en même temps. Pour cette tâche, l'enfant doit indiquer (verbalement, en pointant du doigt ou en attrapant) où se situent les cibles qui lui sont présentées en périphérie de son champ visuel. Le score s'élève à un point. Le point est attribué lorsque l'enfant a pu détecter les deux objets. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18]

La mémoire visuelle : Cette épreuve permet d'évaluer la capacité à mémoriser visuellement des formes. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18] Dans cette épreuve, l'examinateur présente une première feuille A4 en format paysage avec le stimulus cible pendant 7 secondes. Puis, il la retire et présente à l'enfant une seconde feuille avec six éléments (le stimulus cible et cinq distracteurs) parmi lesquels il doit désigner la cible. Cette épreuve a été réalisée avec des formes et comprenait 4 paires de planche. La note maximale est de 4 points pour le subtest forme, un point par réponse correcte. (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98] (figure 9)

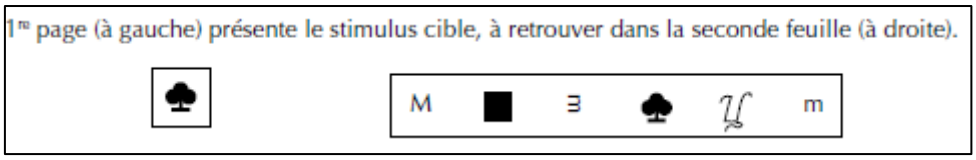


Figure 9 : exemple d'une planche du subtest forme de l'épreuve de mémoire visuelle de la batterie EVA (Vilayphonh M., Cavézian C. et al., 2009) [98]

L'appariement : Cette épreuve permet d'évaluer la qualité de l'analyse visuelle et de l'attention sélective. L'examinateur présente à l'enfant une feuille A4 comportant sept éléments de type « forme » alignés et centrés sur la feuille. L'enfant doit retrouver l'item cible, qui peut être présenté isolément à l'extrémité gauche ou droite, parmi les six éléments proposés. Dans cette épreuve, tous les distracteurs sont visuellement proches du modèle. Un point est accordé pour chaque appariement correct (score maximal de 8 points au subtest forme). (Vilayphonh, Cavézian et al., 2009) [98] (figure 10)

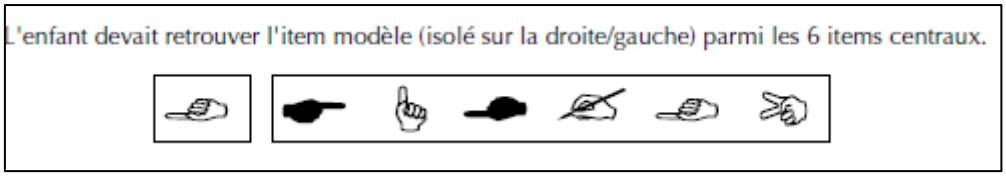


Figure 10 : Subtest forme de l'épreuve d'appariement de la batterie EVA (Vilayphonh M., Cavézian C. et al., 2009) [98]

Les figures enchevêtrées : cette épreuve permet de tester l'analyse visuelle et de dépister une éventuelle simultagnosie. Elle se compose de six planches présentant de deux à six figures enchevêtrées par planche. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18] (figure 11) L'enfant doit alors dénommer tous les objets qu'il peut voir sur chaque planche. Pour chaque réponse correcte, un point est attribué, ce qui donne un score maximal de 23 points. (Vilayphonh M., Cavézian C.et al., 2009) [98] Les planches sont présentées de la plus difficile (6 objets enchevêtrés) à la plus facile (2 objets enchevêtrés). Si la planche n° 6 est réussie, l'épreuve s'arrête et il obtient tous les points. En cas d'erreurs, il faut continuer jusqu'à ce que, sur une planche, l'enfant trouve tous les objets enchevêtrés. (Cavézian, Vilayphonh et al., 2010) [18]

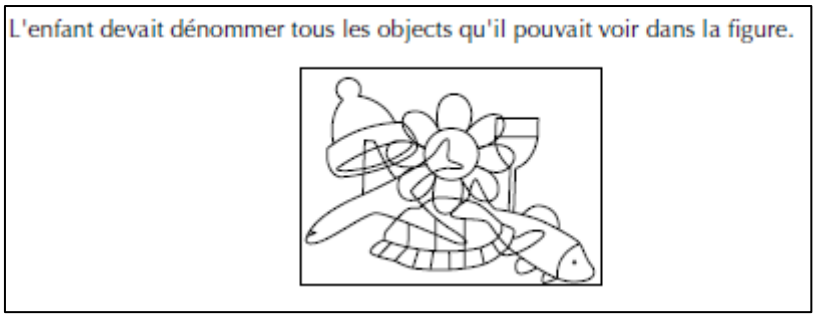


Figure 11 : Exemple d'une planche de l'épreuve des figures enchevêtrées de la batterie EVA (Vilayphonh M., Cavézian C. et al., 2009) [98]

Barrage des A : Cette épreuve de barrage évalue l'attention sélective en modalité visuelle, la recherche et l'exploration visuelle et l'orientation de l'attention dans l'espace. Dans le barrage des A, l'enfant doit retrouver les A majuscules parmi des distracteurs qui sont des A majuscules dans des orientations différentes (par exemple, une rotation de 45°). Il y a 15 cibles à trouver, pour chaque cible correctement barrée un point est attribué ce qui donne un score maximal de 15 points. (Vilayphonh M., Cavézian C. et al., 2009) [98]

b- Autres épreuves du bilan neurovisuel

Ces épreuves ne font pas partie de la batterie EVA. Ce sont des épreuves de bilan utilisées en consultation clinique mais pour lesquelles il n'y a pas de normes.

Ataxie : L'épreuve d'ataxie optique est une épreuve de pointage nez-crayon.

Figures enchevêtrées Pillon : Le test des 15 objets de Pillon a été créé au départ pour évaluer les patients atteints de Parkinson. (Pillon, Dubois et al., 1989) [84] Il a été ici proposé aux enfants qui doivent retrouver un maximum d'objet. Le score maximal est de 15 points (un point par objet trouvé). Comme dans l'épreuve des figures enchevêtrées de l'EVA, ce test permet d'évaluer l'analyse visuelle. (figure 12)

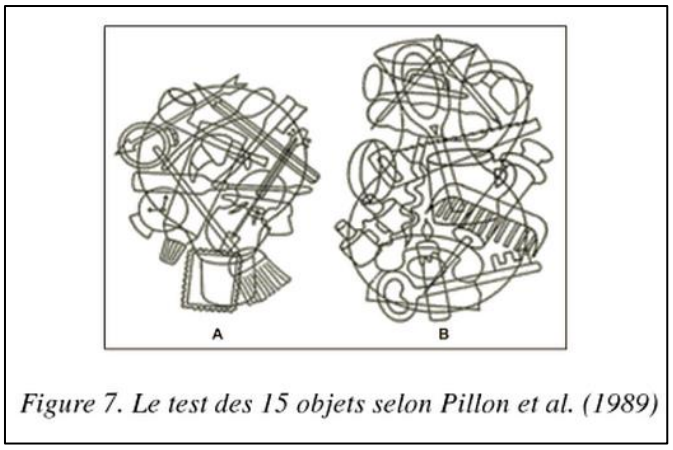


Figure 7. Le test des 15 objets selon Pillon et al. (1989)

Figure 12 : Planche du Test des 15 objets selon Pillon. (Favre, 2010)[40]

Barrage des cloches : Ce test a d'abord été créé pour évaluer la négligence chez l'adulte cérébro-lésé. (Gauthier, Dehaut et al., 1989) [46] Il est aujourd'hui proposé dans l'ODEDYS-2 afin de tester les capacités visuo-attentionnelles des enfants. L'épreuve se compose d'une feuille A4 comportant 112 dessins d'objets dont 35 cloches. L'enfant doit retrouver et barrer le plus de cloches possibles en deux minutes. Le score maximal est de 35 puisqu'un point est accordé pour chaque cloche barrée. L'examinateur notera également la stratégie de balayage visuel. (Jacquier-Roux, Valdois et al., 2005) [56]

Dénomination de B. Ducarne : Il s'agit d'images issues du matériel de B. Ducarne et M. Barbeau (1993). Dans ce protocole, seules les 25 premières images ont été utilisées. Elles sont utilisables dès l'âge de 3 ans. Les dix premières images sont normalement reconnues par 100% des enfants normaux dès l'âge de 3 ans et les 15 suivantes sont correctement reconnues et dénommées par 80% des enfants normaux dès 3 ans. (Mazeau, Meurant et al., 2004) [78] Le score maximal à cette épreuve de dénomination est de 25 points (un point par bonne réponse).

Précision visuo-motrice : Dans cette épreuve de la NEPSY, l'enfant doit tracer un trait au milieu d'un chemin, le plus rapidement possible. Cette épreuve teste donc la motricité fine et la coordination oculomotrice. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

Flèches de la NEPSY : Pour cette épreuve, on présente à l'enfant une série de planches sur lesquelles sont représentées une cible et des flèches dans différentes directions. L'enfant doit choisir les deux flèches qui se dirigent vers le centre de la cible. Cette épreuve évalue les capacités d'orientation spatiale. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

Schéma corporel et latéralisation : L'enfant doit montrer les différentes parties du corps demandées par le clinicien.

Praxies : il s'agit de gestes que l'enfant doit reproduire.

Imagerie mentale : C'est une épreuve dans laquelle le clinicien énonce des chiffres à l'oral et l'enfant doit dire s'il y a un arrondi (par exemple, dans 3 il y a un arrondi et dans 4 il n'y en a pas).

2- Bilan neuropsychologique

Le protocole soumis aux enfants du groupe d'étude comporte des épreuves issues de bilans neuropsychologiques et orthophoniques. Ces épreuves permettent d'explorer les fonctions cognitives supérieures, font partie de tests normés et correspondent à la classe d'âge de notre groupe d'étude.

Les épreuves ont été regroupées selon la fonction cognitive principalement évaluée puisque les tests sollicitent souvent différents domaines de façon conjointe.

a- Langage

Langage oral

- Subtest « *Vocabulaire* » du WISC : Nous demandons à l'enfant de définir du mieux qu'il peut une série de mots dont la complexité augmente au fil des items. Cette épreuve explore l'accès sémantique. (Mazeau, 2008) [75]

- Subtest *« informations »* du WISC : Dans ce subtests on pose des questions à l'enfant pour évaluer ses capacités à extraire et à acquérir des connaissances générales. La réponse à ces questions de connaissances générales permet de tester la mémoire sémantique qui est une mémoire à long terme. (Mazeau, 2008) [75]

- Subtest *« similitudes »* du WISC : L'enfant doit donner un terme qui permet d'associer deux mots ensemble. On évalue donc l'aptitude à faire des catégories et à donner le terme super-ordonné. Cette épreuve permet de tester les capacités conceptuelles et raisonnementales. La réponse requiert l'intégrité des compétences linguistiques dans leur ensemble. (Mazeau, 2008) [75]

- Epreuve de dénomination de la K-ABC-2 : Des images sont présentées une à une à l'enfant qui doit les dénommer. Cela permet d'évaluer l'accès au stock lexical actif. (Kaufman, A.S & Kaufman, N.L., 2008) [57]

- Fluences verbales de la NEPSY : Deux épreuves sont proposées : une épreuve de fluence verbale sémantique et une de fluence verbale phonémique. Dans un temps limité, l'enfant doit donner le plus de mots tout en respectant la consigne donnée. Cela permet de mettre en évidence un stock lexical riche et étendu ou des difficultés de flexibilité. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

Langage écrit

- L'Alouette-R : Dans ce test de leximétrie, l'enfant doit lire un texte de 265 mots sans signification constitué de mots exigeants, organisés selon les règles de grammaire classiques. La lecture se fait dans le temps limité de 3minute, à la fin desquelles on note à quel endroit l'enfant s'est arrêté. A la suite de cette lecture, nous relevons : le temps de lecture (TL), le nombre de mots lus (M), le nombre d'erreurs (E), le nombre de mots correctement lus (C). A partir de ces éléments on obtient également un indice de précision (CM) et un indice de vitesse (CTL). Ce test permet d'évaluer la vitesse de lecture et de définir une niveau de lecture (ou âge lexique). Cependant, ce texte ne renseigne pas sur la nature ni sur la cause des difficultés. (Lefavrais, 1967) [64]

- Dictée de mots de l'ODEDYS-2 : on propose à l'enfant une dictée de mots réguliers puis de mots irréguliers. Cette épreuve permet d'observer les procédures analytique et lexicale de l'écriture. Elle permettra donc de mettre en évidence des troubles du langage écrit et en particulier une dysorthographie. (Jacquier-Roux, Valdois et al. , 2005) [56]

b- Mémoire-Encodage

- L'épreuve de liste de mots (CMS) est un sous-test verbal de la CMS qui est une échelle de mémoire pour enfants. L'examinateur présente, à quatre reprises et à l'oral, une liste de mots sans lien entre eux. Après chaque présentation de la liste, un rappel libre est proposé. Par la suite, la procédure impose que l'examinateur ne présente que les mots qui n'ont pas été rappelés par l'enfant. Une liste de mots distractrice est énoncée avant de demander à l'enfant de rappeler les mots de la première liste. Après un laps de temps, (entre 20 et 30 minutes), l'enfant doit de nouveau se rappeler des mots de la liste, puis il doit les reconnaître dans une série de mots proposée par l'examinateur. On obtient alors

trois scores qui correspondent aux phases d'apprentissage, de rappel différé et de reconnaissance. Cette épreuve permet de voir s'il existe un trouble au niveau des étapes d'encodage, de stockage ou de récupération de l'information. (Noël, 2007) [83]

- Dans l'épreuve de localisation de points (CMS), on présente à l'enfant une grille sur laquelle sont disposés des points bleus (6 ou 8 selon l'âge). L'enfant doit, dans un premier temps, apprendre la localisation des points en trois essais. Puis, l'examinateur présente une grille distractrice avant de demander à l'enfant de se souvenir de la localisation des points sur la première grille. Enfin, on redemande à l'enfant de nous indiquer l'emplacement des points en rappel différé, après un laps de temps de 20 à 30 minutes. Les scores à cette épreuve permettent de calculer un indice de mémoire visuelle immédiate et un indice de mémoire visuelle différée. (Noël,2007) [83]

- L'épreuve de la figure de Rey comprend une copie de la figure complexe puis une reproduction de mémoire de la figure. Elle évalue donc à la fois les capacités grapho-motrices, la perception visuelle et l'analyse spatiale et les capacités mnésiques. (Wallon & Mesmin, 2009) [101]

- L'épreuve d'empan numérique endroit consiste à faire répéter au patient des séries de 3 à 9 chiffres à l'endroit.

c- Attention

- L'épreuve des symboles (WISC-IV) fait partie des épreuves permettant de calculer l'IVT (Indice de vitesse de traitement). Dans un temps limité, l'enfant observe un ou deux symboles isolés et doit indiquer si le ou les symboles cibles sont parmi les trois ou cinq symboles proposés. Cela nécessite de bonnes capacités d'organisation linéaire du regard et d'attention visuelle. (Mazeau, 2008) [75]

- Les capacités d'attention soutenue ont été évaluées par l'épreuve des Coups de fusil (TEA-ch) : l'enfant doit compter le nombre de cibles sonores qui sont espacées entre elle de manière inégale. En plus, les capacités d'attention divisée sont évaluées par l'épreuve Ecouter deux choses à la fois (TEA-ch). Le patient doit écouter une histoire et compter les coups de fusil qu'il entend simultanément. (Noël, 2007) [83]

d- Mémoire de travail

La mémoire de travail est évaluée grâce aux épreuves d'empan numérique et d'empan verbal et numérique.

- L'épreuve d'empan numérique envers consiste à faire répéter au patient des séries de 3 à 7 chiffres à l'envers.

- L'autre épreuve d'empan combine lettres et chiffres. On énumère au patient une suite de chiffres et de lettres et celui-ci doit redonner dans un premier temps les chiffres dans l'ordre croissant puis les lettres dans l'ordre alphabétique. Cette tâche teste la mémoire de travail et sollicite particulièrement l'administrateur central (attention et fonctions exécutives). (Mazeau, 2008) [75]

- Mémoire de chiffres (WISC-IV) : Dans cette épreuve l'enfant doit répéter une série de chiffre soit dans le même ordre soit dans l'ordre inverse. Cette tâche fait intervenir la mémoire auditivo-verbale et la mémoire de travail. (Mazeau, 2008) [75]

- Dans l'épreuve du Code B (WISC-IV) on donne au patient des symboles (formes géométriques) qui correspondent à des chiffres. Il doit ensuite retranscrire le code en dessinant ces symboles dans la case correspondante. Cela nécessite des mouvements oculaires rapides, de bonnes capacités oculomotrices, une mémoire de travail efficiente et de bonnes capacités grapho-motrices. (Mazeau, 2008) [75]

e- Fonctions exécutives : flexibilité et inhibition

- L'épreuve du Cogner/Frapper (NEPSY) : l'examinateur demande au patient de frapper soit avec le poing soit du plat de la main sur la table selon la consigne donnée. Cette épreuve évalue plus particulièrement les capacités de flexibilité et d'inhibition. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

- L'épreuve des Mondes Contraires (TEA-ch) permet d'évaluer les capacités de flexibilité et d'inhibition de la réponse verbale. Le patient doit suivre un chemin de cases dans lesquelles des chiffres (1 ou 2) sont inscrits. La première partie de l'épreuve s'appelle le Monde à l'endroit, dans cette partie 1=1 et 2=2. Mais dans la seconde partie, le Monde à l'envers, 1=2 et 2=1. (Bouillet, Campello et al., 2011) [14]

- La statue : dans cette épreuve, on demande à l'enfant de rester immobile comme une statue qui porte un drapeau et a les yeux fermés. Il doit rester dans la même position durant 75 secondes et ne pas réagir aux différents stimuli sonores réalisés par le neuropsychologue. On pourra observer chez certains enfants un défaut d'inhibition motrice dans le silence et/ou des réponses impulsives. Cette épreuve évalue donc les capacités de persistance motrice et d'inhibition. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

f- Raisonnement

Les épreuves des cubes, des matrices et du complètement d'images de la WISC-IV ont permis d'évaluer le raisonnement perceptif et visuel.

- L'épreuve des cubes consiste à reproduire des figures présentées sur un livret à l'aide de cubes bicolores. Elle sollicite la visualisation spatiale et la manipulation d'objets. Cette épreuve implique des capacités visuo-spatiales, les fonctions exécutives, des compétences gnosiques visuelles, les fonctions praxiques et spatiales et la motricité fine. (Mazeau, 2008) [75]

- L'épreuve des matrices se présente sous la forme de quatre cases contenant 3 éléments, la dernière case est à compléter par le patient selon des critères logiques de couleur, de taille, de forme et d'orientation. Elle permet donc d'évaluer la perception visuelle et le raisonnement logique. (Mazeau, 2008) [75]

- L'épreuve de complètement d'images consiste à repérer l'élément manquant dans l'image en pointant ou en le nommant. Cette épreuve met en jeu les gnosies visuelles. (Mazeau, 2008) [75]

- Le subtest d'identification des concepts est une épreuve d'appariement de 2 puis 3 images qui s'accordent grâce à un concept commun. C'est le pendant non verbal à l'épreuve des similitudes. Cette tâche sollicite les composantes neurovisuelles et exécutives. (Mazeau, 2008) [75]

- Le Key Search Test (BADS-C) consiste à présenter au patient un carré qui représente un champ dans lequel il doit trouver le meilleur chemin pour retrouver la clé (celle-ci n'est pas dessinée). Cela permet d'évaluer les capacités de planification et de mise en place d'une stratégie adaptée pour résoudre un problème. (Wilson, Alderman et al., 2003) [102]

g- Praxies et motricité

- Les praxies ont également été testées par les épreuves d'imitation de positions de mains (NEPSY). Le jeune patient doit reproduire les figures faites avec les mains que lui montre l'examinateur. (Korkman, Kirk et al., 2003) [60]

- Le test du Purdue Pegboard évalue la dextérité manuelle et digitale, il consiste à planter un maximum de tiges métalliques dans un plateau muni de trous et ce d'une main, puis de l'autre, puis des deux mains de façon synchronisée. (Béguet & Albaret, 1998) [8]

- Par ailleurs, on teste également la latéralité des jeunes patients en leur demandant de dessiner, gommer, découper ou se brosser les dents par exemple. Cela permet d'évaluer si le patient est droitier ou gaucher et si cette latéralité est forte ou faible. (De Agostini & Dellatolas, 1988) [33]

3- Questionnaires

En parallèle, deux questionnaires sont fournis aux parents :

- La BRIEF : c'est un inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives. Ce questionnaire écologique permet d'évaluer les comportements exécutifs dans les milieux scolaire et/ou familial et de repérer les répercussions de ces comportements dans la vie quotidienne. [] (Gioia, Isquith et al., 2000) [48]

- Le questionnaire d'Achenbach (Achenbach Child Behavior Checklist) (Achenbach, 1991) [1] : cette échelle permet de mettre en évidence d'éventuels troubles émotionnels et/ou comportementaux ainsi que des difficultés sur le plan des compétences sociales. (Noël, 2007) [83]

IV- Résultats

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel informatique Statistica version 10 et GraphPad Prism 6 en prenant un seuil de différence significative à 5% ($p<.05$).

1- Analyse préalable des données

a- Résultats à la batterie EVA

Tableau 1 : nombre d'échecs (n Echec) aux épreuves de la batterie EVA et pourcentages correspondants (% Echec). (n = nombre d'enfants ayant passé l'épreuve)

	Epreuves de l'EVA									
	Fixation	Poursuite	Champ visuel	Extinction	Mémoire visuelle	Appariement	Figures enchevêtrées enfants	Barrage A	Fausses alarmes	Stratégie 0= non; 1= oui
n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
n Echec	0	12	1	0	0	0	1	2	1	8
% Echec	0	46,15	3,85	0	0	0	3,85	7,69	3,85	30,77

Sur le groupe de 26 enfants, aucun ne présente un trouble de la fixation oculaire, en revanche, 12 enfants ont des difficultés à poursuivre la cible. L'épreuve de poursuite oculaire a pu mettre en évidence que sur le plan de l'oculomotricité, 11 enfants présentent des troubles qui se manifestent sous la forme de pertes de la cible (9 enfants), de micro-saccades ou de nystagmus (4 enfants) et d'indissociation (1 enfant). Un seul enfant semble présenter une altération du champ visuel : une vision tubulaire est suspectée. Aucun n'a eu de phénomène d'extinction visuelle. (tableau 1)

Les épreuves de mémoire visuelle et d'appariement ont été réussies par les 26 enfants. En revanche, à l'épreuve des figures enchevêtrées, un enfant obtient un score qui le place au-delà du seuil pathologique. Pour le barrage des A, deux enfants ont un nombre de cibles insuffisant, leur score est considéré comme pathologique. Dans cette même épreuve, un seul enfant réalise des fausses alarmes, alors que les autres enfants n'en ont fait aucune ; et ils sont 8 à ne pas avoir mis en place de stratégie d'exploration visuelle.

b- Résultats aux épreuves normées ayant une composante neurovisuelle

Faute d'étalonnage à l'aide d'une population témoin appariée en âge, il n'est pas possible d'interpréter les résultats obtenus aux figures enchevêtrées de Pillon et à la dénomination

d'images naturelles de Blanche Ducarne. Les résultats à l'épreuve des praxies idéomotrices ne pourront pas être intégrés à l'analyse statistique en raison d'une absence de normes.

Les épreuves présentées dans les tableaux dans les annexes 1, 2, 3, 4 et 5 (pages I à V) ont une composante neurovisuelle très cognitive comme l'explique Fazzi lorsqu'il définit le « visual perceptual impairment ». (Fazzi & Bova, 2004) [41]

L'ensemble des résultats à ces épreuves est présenté dans les tableaux dans les annexes 1, 2, 3, 4 et 5. Les moyennes des déviations standards de tout le groupe sont présentées pour chaque épreuve dans la figure13. Les pourcentages d'échec sont présentés dans la figure 14.

Les épreuves de copie de la Figure de Rey et de copie de mémoire de la Figure de Rey, des cubes (WISC-IV) et du Purdue Pegboard sont largement échouées puisque au moins 50 % des enfants ont obtenus un score qui les plaçait au-delà du seuil pathologique (<-1,65 DS).

D'ailleurs, les moyennes des déviations standards aux épreuves de copie de la Figure de Rey (-2,48 DS) et du Purdue Pegboard (-2,15 DS avec la main dominante et -2,06 en bimanuel) sont bien au-delà du seuil pathologique.

Les moyennes aux épreuves de la Figure de Rey en rappel (-1,43 DS), du code du WISC-IV (-1,28 DS), des cubes du WISC-IV (-1,53 DS), d'imitation de positions des mains de la NEPSY (-1,61 DS pour la main dominante et -1,43 DS pour la main non-dominante) et du Purdue Pegboard (-1,60 DS avec la main non-dominante) se situent dans la moyenne très faible.

Ce sont des tâches qui requièrent des capacités d'analyse visuelle, d'attention visuelle, de coordination oculomotrice et/ou de visuo-construction.

Pour les épreuves de dénomination (K-ABC-2) et de lecture (Alouette-R), les moyennes des déviations standards sont légèrement supérieures à la moyenne ou dans la moyenne faible. En revanche, les épreuves d'orthographe (ODEDYS-2) sont plus échouées puisque l'ensemble du groupe obtient une moyenne de -1,18 DS en dictée de mots réguliers et -1,49 DS en dictée de mots irréguliers.

Dans toutes ces épreuves, on a toujours un pourcentage d'échec supérieur à 0. Il y a toujours un enfant minimum qui a eu un score considéré comme pathologique.

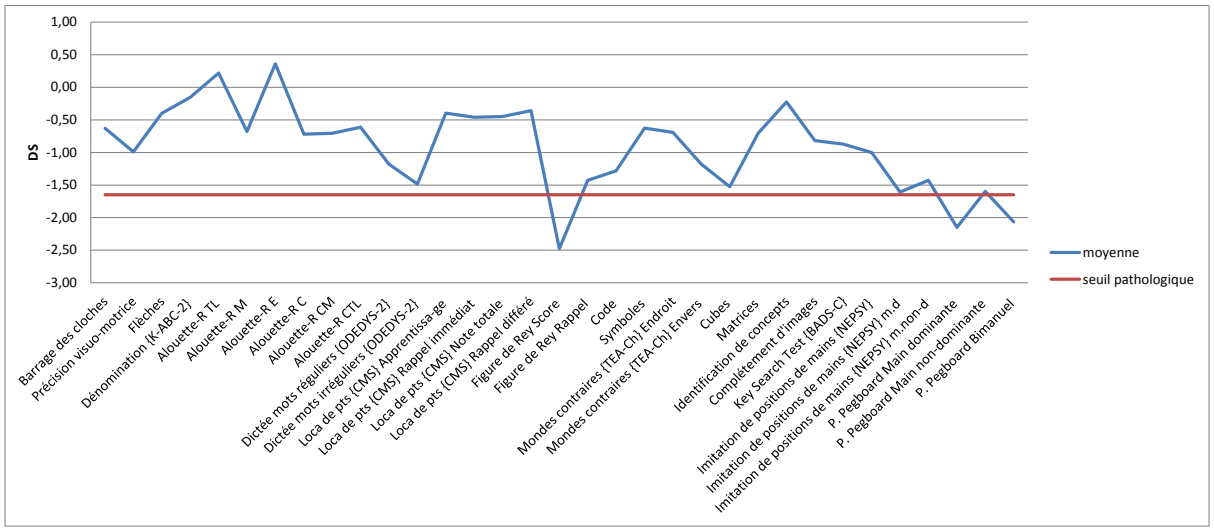


Figure 13 : scores Z obtenus par l'ensemble des enfants aux épreuves ayant une composante neurovisuelle.

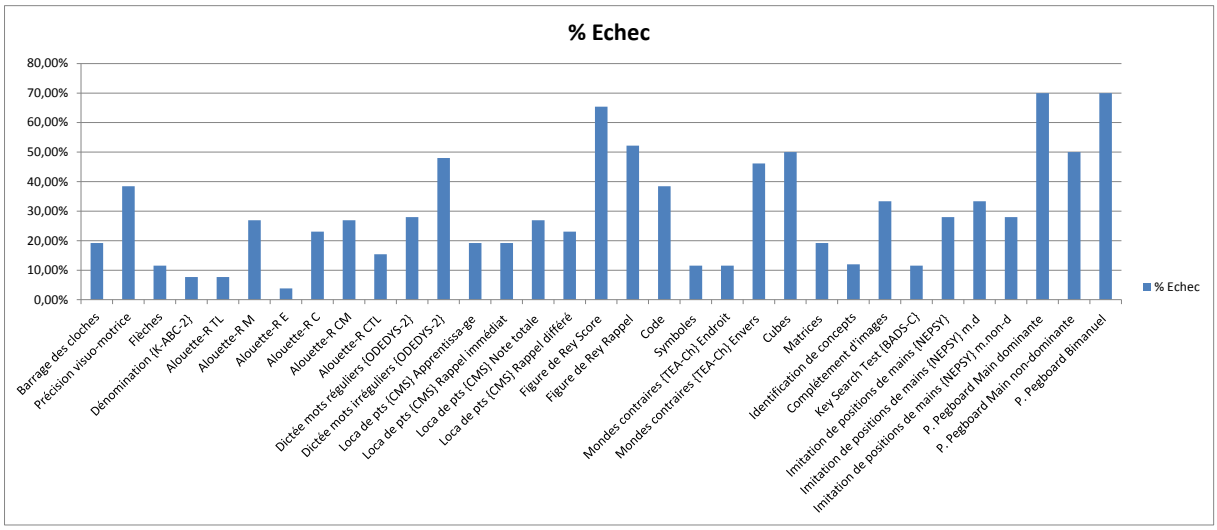


Figure 14 : Pourcentages d'échecs aux épreuves ayant une composante neurovisuelle.

c- Résultats aux épreuves normées sans composante neurovisuelle

L'ensemble des résultats à ces épreuves est présenté dans les tableaux dans les annexes 6 et 7 (pages VI et VII). Les moyennes des déviations standards de tout le groupe sont présentées pour chaque épreuve dans la figure 15. Les pourcentages d'échec sont présentés dans la figure 16.

Les deux tâches échouées par le plus grand nombre sont l'épreuve « Coups de fusil » du TEA-Ch (20% d'échec) qui évalue l'attention soutenue et l'épreuve « Ecouter deux choses à la fois » du TEA-Ch (37,5% d'échec) qui teste l'attention soutenue et l'attention divisée.

Les épreuves de similitudes du WISC-IV, de fluence sémantique (NEPSY), d'apprentissage et de rappel différé de la liste de mots (CMS) et de l'empan endroit ont été réussies par tous les enfants, aucun d'entre eux n'a eu un score au-delà du seuil pathologique.

Par ailleurs, 6 enfants présentent des scores supérieurs au seuil pathologique dans toutes les épreuves sans composante neurovisuelle.

Globalement, les moyennes du groupe en déviation standard se situent toujours au-dessus du seuil pathologique, allant de la moyenne légèrement supérieure à la moyenne faible.

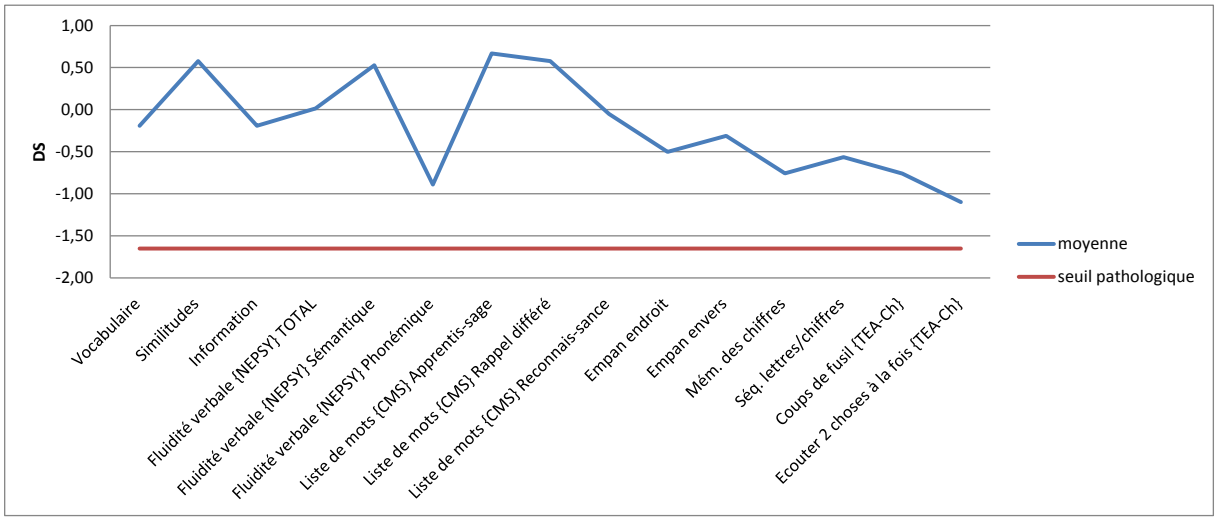


Figure 15 : scores Z obtenus par l'ensemble des enfants aux épreuves sans composante neurovisuelle.

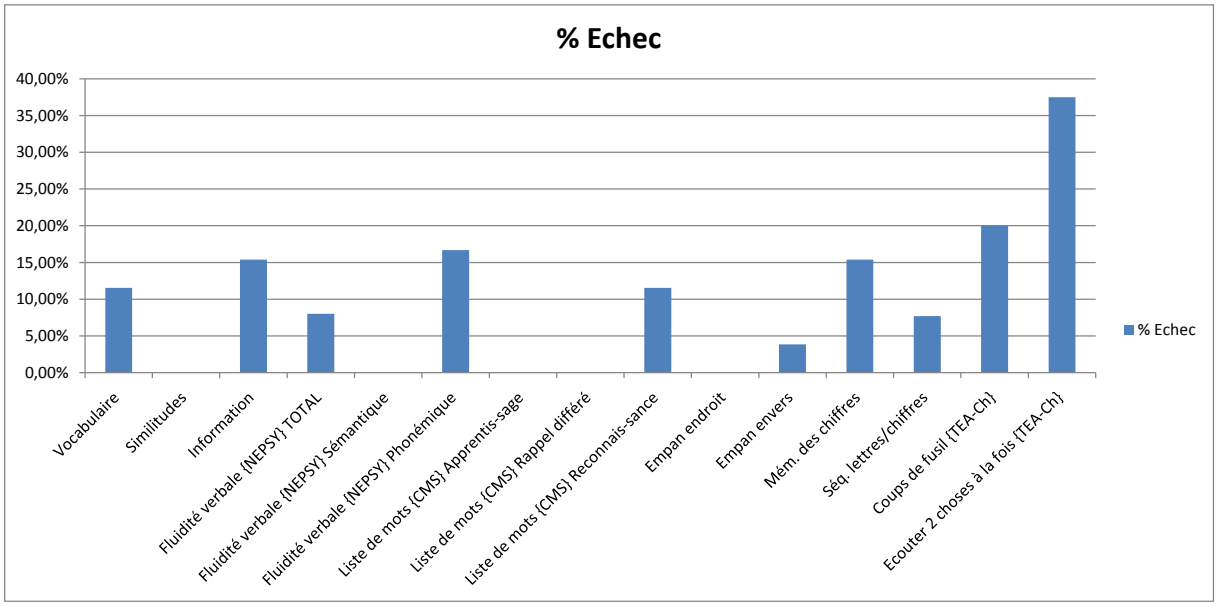


Figure 16 : Pourcentages d'échecs aux épreuves sans composante neurovisuelle.

d- Profil moyen

Le profil moyen du groupe de 26 enfants (figure 17) a été établi en reportant les scores Z (déviations standards) pour chaque épreuve du bilan neuropsychologique.

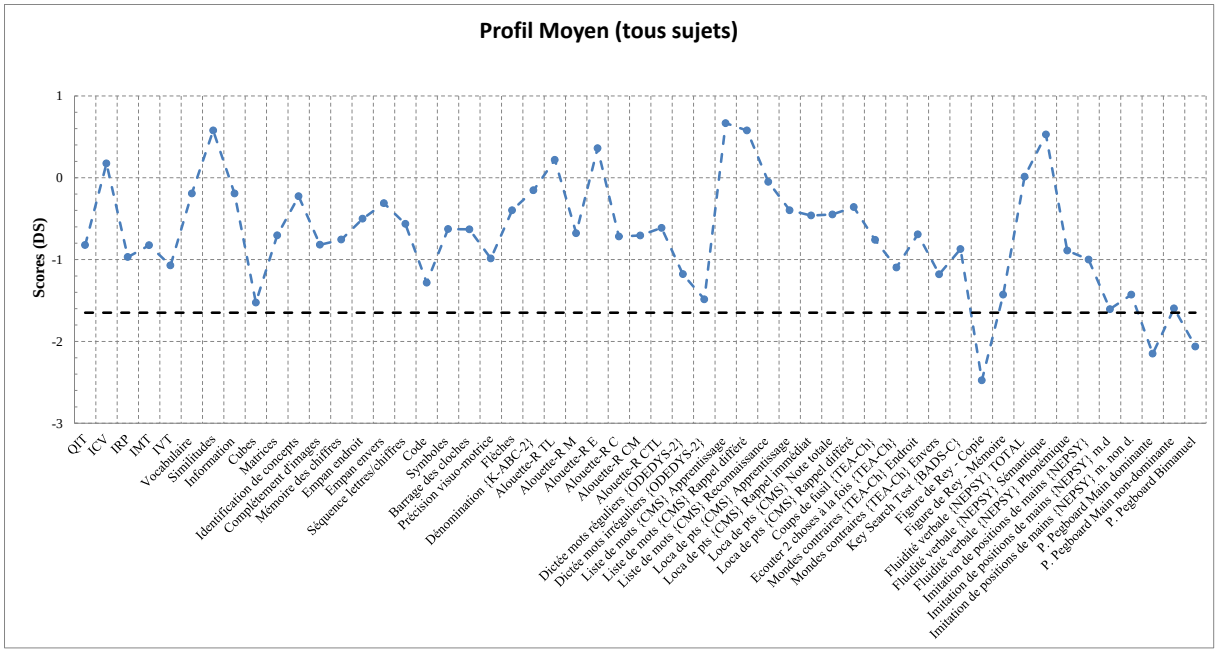


Figure 17 : courbe des scores Z – Profil moyen

Grâce à ces résultats on peut également obtenir le profil moyen de chaque population (figure 18) : le profil des enfants hypoxiques (en bleu), le profil des enfants nés prématurément (en vert) et le profil des enfants prématurés ayant subi un épisode hypoxique (en rouge). On peut alors voir qu'on obtient différents profils avec des épreuves qui sont chutées pour les uns mais pas pour les autres ou qui le sont beaucoup plus selon la population. Cependant, il faut voir si ces différences sont significatives pour pouvoir considérer ces éléments comme des caractéristiques spécifiques de telle ou telle population.

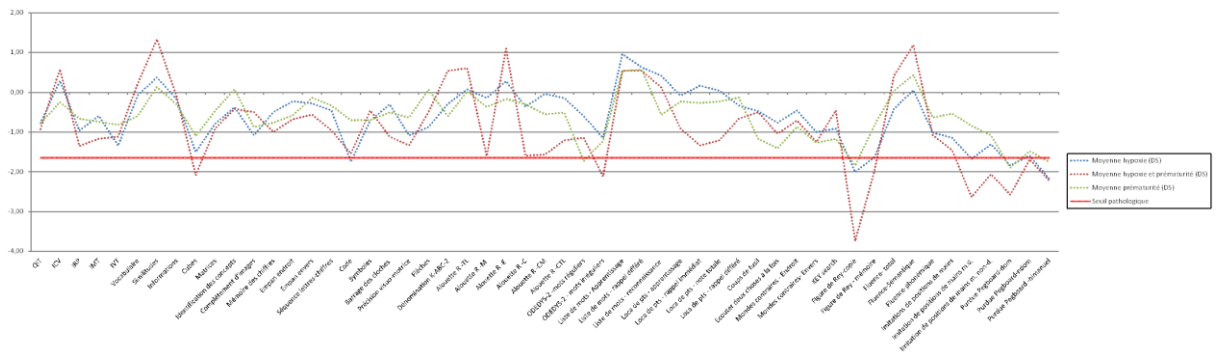


Figure 18 : courbes des scores Z pour chaque population d'étude.

2- Effets de l'hypoxie et/ou de la prématurité

Les trois populations (hypoxie/hypoxie et prématurité/prématurité) ont été comparées grâce à une ANOVA simple pour chacune des épreuves.

Le tableau 2 présente les scores significativement différents entre les trois populations de l'étude (quel que soit p<5%).

Tableau 2 :

	ICV≠IRP	Localisation des points - Rappel immédiat
F value	3,892	4,115
P value	0,035	0,0297
R square	0,2528	0,2635

Les analyses statistiques réalisées montrent qu'il existe des différences significatives entre les trois groupes quant au score représentant la différence entre l'ICV (Indice de compréhension verbale) et l'IRP (Indice de raisonnement perceptif). L'écart entre l'ICV et l'IRP est moindre chez les enfants nés prématurément et est beaucoup plus important lorsque la prématurité est associée à un épisode hypoxique à la naissance. (figure 19)

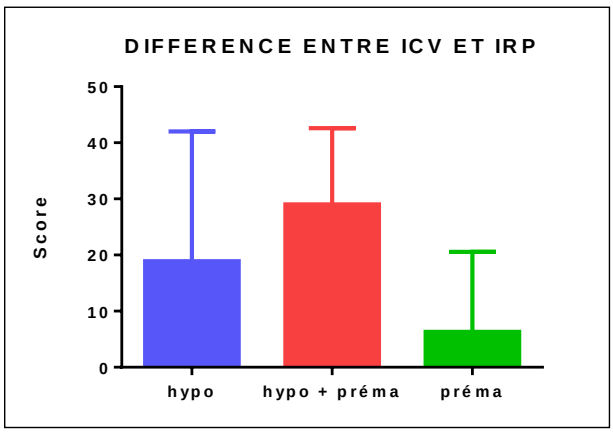


Figure 19 : Différence significative entre les trois populations pour « ICV ≠ IRP »

Les analyses statistiques mettent également en évidence des différences significatives entre les trois populations sur l'épreuve de localisation des points, en rappel immédiat uniquement. Le groupe des enfants hypoxiques et le groupe des enfants nés prématurément se situent dans la moyenne faible (respectivement 0 ,17 DS et -0,27 DS). Le groupe des enfants associant les deux facteurs est plus en difficulté sur cette tâche puisqu'il obtient une moyenne de -1,33 DS. (figure 20)

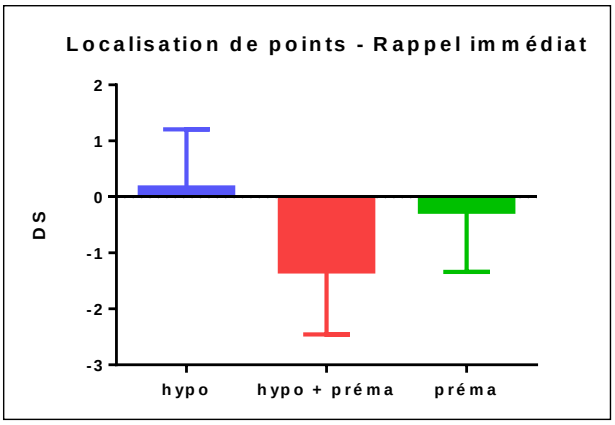


Figure 20 : Différence significative entre les trois populations pour la localisation de points en rappel immédiat.

3- Effets des lésions visibles ou non visibles à l'IRM

Sur le groupe d'étude, 11 enfants ont passé une IRM. Cet examen n'a pas révélé de lésion visible chez 5 enfants et a mis en évidence une lésion chez les 6 autres enfants. Les lésions observables sont relativement variées et peuvent toucher les lobes occipitaux, temporaux et/ou pariétaux et sont plus ou moins diffuses.

Ces deux populations (lésion non-visible vs. lésion visible) ont été comparées à l'aide d'un test t ou test de Student pour chacune des épreuves.

Le tableau 3 présente les scores significativement différents entre les deux populations de l'étude (quel que soit $p < .05$)

Tableau 3 :

	IVT (WISC-IV)	Code (WISC-IV)	Imitation de la position des mains (main dominante)	BRIEF Mémoire de travail
p (two-tailed) value	0,0396	0,0393	0,0411	0,0341
t	2,405	2,409	2,431	2,496

Les analyses statistiques montrent qu'il existe une différence significative entre les deux groupes quant à l'IVT (Indice de vitesse de traitement) du WISC-IV. En effet, les enfants ayant une lésion visible à l'IRM ont un indice de vitesse de traitement plus faible que les enfants n'ayant pas de lésion visible avec respectivement une déviation standard de -1,69 DS et -0,79 DS. (figure 21)

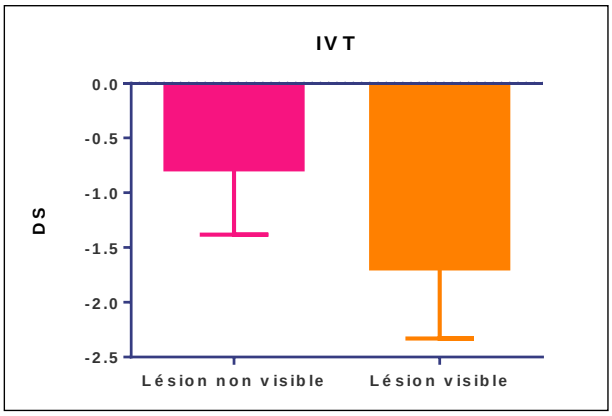


Figure 21 : Différence significative à l'IVT entre les deux populations.

Le subtest « code » du WISC-IV présente des scores significativement différents entre les deux populations. Cette épreuve est mieux réussie par les enfants n'ayant pas de lésion visible (-0,93DS). Les enfants avec une lésion visible obtiennent un score pathologique (-2,33 DS) puisqu'il est <-1,65 DS. (figure 22)

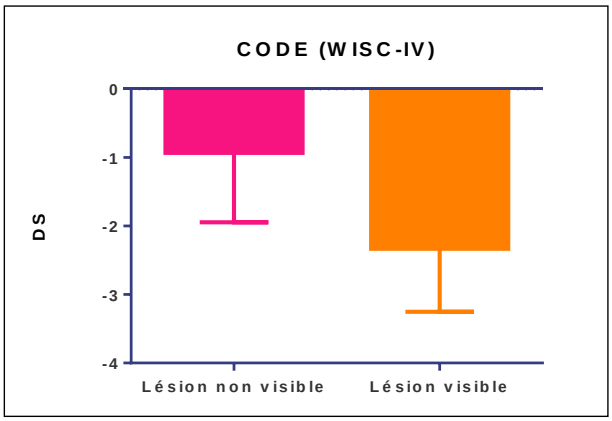


Figure 22 : Différence significative au code entre les deux populations.

Par ailleurs, on relève une différence significative entre les deux populations à l'épreuve d'imitation de positions des mains (avec la main dominante uniquement). La population présentant une lésion visible est largement déficitaire à cette épreuve puisqu'elle obtient un score moyen de -3,77 DS. L'autre groupe se situe dans la moyenne faible avec un score moyen de -0,79DS. (figure 23)

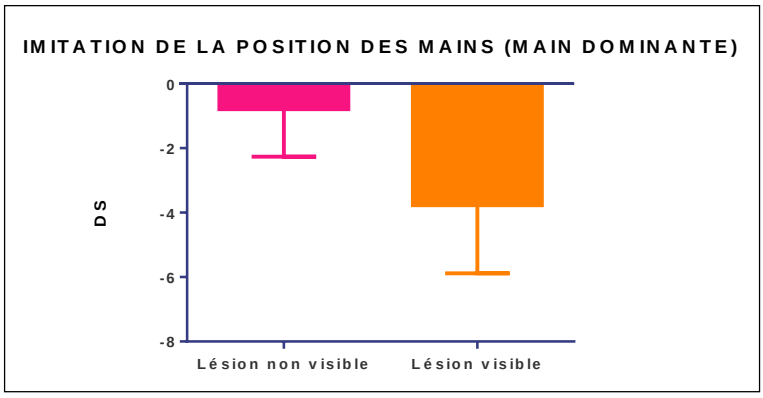


Figure 23 : Différence significative à l'imitation de la position des mains entre les deux groupes.

Enfin, l'analyse statistique met en évidence une différence significative entre les deux groupes en termes de plainte concernant la mémoire de travail, plainte recueillie grâce au questionnaire BRIEF. Ce sont, cette fois-ci, les enfants ne présentant pas de lésion visible à l'IRM qui expriment une plainte plus importante pour les tâches qui impliquent la mémoire de travail. (-2,10 DS) Alors que les enfants avec une lésion ont une plainte moins prononcée (-0,88 DS). (figure 24)

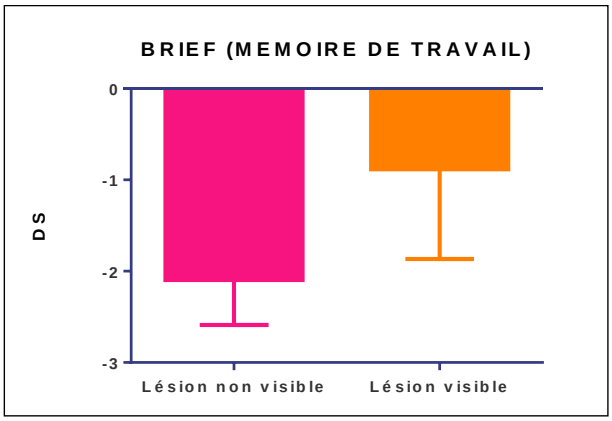


Figure 24 : différence significative dans la catégorie « mémoire de travail » du questionnaire BRIEF.

4- Corrélations

A partir des résultats obtenus, des corrélations ont été établies entre les tâches de la batterie EVA, puis entre les épreuves du bilan neurovisuel et les épreuves du protocole neuropsychologique ainsi qu'avec les questionnaires d'Achenbach et de la BRIEF. Les corrélations ont été calculées avec le logiciel STATISTICA en prenant un seuil de différence significative à 5% (0.05).

a- Corrélations EVA / EVA

Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations entre certaines tâches de la batterie EVA. (Tableau 4 : les corrélations statistiquement significatives à p<.05 apparaissent en rouge)

Tableau 4 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)									
	Epreuves de la batterie EVA									
Variables	Fixation	Poursuite	Champ visuel	Extinction	Mémoire visuelle	Appariement	Figures Enchevêtrées Enfants	Barrage A	Fausse(s) Alarme(s)	Temps A
Fixation	1,00	0,14	0,04				-0,06	0,01	0,05	0,04
Poursuite	0,14	1,00	-0,14				**0,48**	-0,20	-0,14	**-0,48**
Champ visuel	0,04	-0,14	1,00				0,06	0,15	-0,04	0,01
Extinction				1,00						
Mémoire visuelle					1,00					
Appariement						1,00				
Figures Enchevêtrées Enfants	-0,06	**0,48**	0,06				1,00	-0,16	0,06	-0,12
Barrage A	0,01	-0,20	0,15				-0,16	1,00	0,15	0,05
Fausse(s) Alarme(s)	0,05	-0,14	-0,04				0,06	0,15	1,00	0,12
Temps A	0,04	**-0,48**	0,01				-0,12	0,05	0,12	1,00

On peut observer les corrélations suivantes :

- La poursuite oculaire et l'épreuve des « figures enchevêtrées enfants » sont corrélées positivement (0.48).
- Une corrélation négative ressort entre la poursuite oculaire et le temps obtenu à l'épreuve de « Barrage des A » (-0,48).

b- Corrélations épreuves du bilan neurovisuel/ épreuves sans composante neurovisuelle

Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations entre les tâches du bilan neurovisuel et les tâches n'ayant pas de composante neurovisuelle. (Tableaux 5 et 6 : les corrélations statistiquement significatives à p<.05 apparaissent en rouge)

Tableau 5 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)									
	Epreuves langagières						Mémoire - Encodage			
Variables	Vocabulaire	Similitudes	Information	Fluidité verbale {NEPSY} TOTAL	Fluidité verbale {NEPSY} Sémantique	Fluidité verbale {NEPSY} Phonémique	Liste de mots {CMS} Apprentissage	Liste de mots {CMS} Rappel différé	Liste de mots {CMS} Reconnaissance	Empan endroit
Fixation	-0,21	0,01	-0,09	0,06	0,06	-0,07	0,08	0,05	-0,06	0,06
Poursuite	-0,35	-0,41	-0,36	-0,32	-0,39	-0,08	-0,15	-0,10	-0,23	0,12
Champ visuel	0,32	0,38	0,19	0,22	0,25	0,15	-0,18	0,04	0,13	0,10
Extinction										
Ataxie	-0,15	-0,33	-0,03	-0,29	-0,30	-0,11	-0,19	-0,04	-0,13	0,15
Mémoire visuelle										
Appariement										
Figures Enchevêtrées Enfants	0,29	0,18	-0,05	0,25	0,15	0,25	-0,25	-0,26	-0,14	0,09
Figures Enchevêtrées Pillon	0,35	0,29	0,03	0,29	0,26	0,22	-0,20	-0,18	-0,09	0,00
Barrage A	0,29	0,26	0,00	-0,14	-0,25	0,22	0,26	0,15	0,26	0,15
Fausse(s) Alarme(s)	0,08	-0,07	-0,20	-0,12	-0,12	-0,17	-0,08	-0,14	0,13	-0,06
Temps A	0,09	0,03	-0,16	0,02	-0,03	0,03	-0,08	-0,20	0,33	0,01
Barrage des cloches à 2min	-0,12	-0,10	0,16	0,07	0,08	0,05	**0,42**	0,29	0,03	-0,05
Barrage des cloches	-0,11	-0,10	0,12	0,04	0,02	0,06	0,41	0,20	-0,04	-0,14
Fausse(s) Alarme(s)	0,33	0,39	0,20	0,23	0,26	0,16	-0,18	0,04	0,13	0,10
Stratégie	0,18	0,10	0,13	-0,14	-0,21	0,10	-0,03	-0,21	-0,10	0,09
Déno {B. Ducarne}	0,23	0,12	-0,05	0,24	0,17	0,17	-0,16	-0,25	0,00	0,15
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,17	0,03	0,21	0,14	-0,02	0,34	0,02	0,02	-0,03	0,01
Flèches {NEPSY}	0,12	0,26	0,22	0,17	0,11	0,24	0,36	0,22	-0,35	-0,19
Schéma corporel & latéralisation	0,03	0,23	0,22	0,24	0,17	0,16	0,23	0,34	0,24	0,03
Praxies	0,21	0,07	0,18	0,15	0,10	0,19	0,26	0,17	0,14	0,13
Imagerie mentale	0,11	0,14	0,29	0,31	0,24	0,25	0,25	0,19	0,19	0,05

- Il existe une corrélation positive entre le barrage des cloches à 2 minutes et l'apprentissage d'une liste de mots (0.42).

Tableau 6 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)					
	Mémoire de travail			Attention		Inhibition
Variables	Empan envers	Mémoire des chiffres	Séquence lettres/chiffres	Coups de fusil {TEA-Ch}	Ecouter 2 choses à la fois {TEA-Ch}	Statue {NEPSY}
Fixation	-0,30	-0,37	-0,21	0,02	0,09	0,11
Poursuite	-0,03	-0,04	-0,38	0,16	0,05	0,30
Champ visuel	0,21	0,28	0,06	-0,03	-0,07	-0,11
Extinction						
Ataxie	0,01	0,22	0,18	0,04	0,05	0,11
Mémoire visuelle						
Appariement						
Figures Enchevêtrées Enfants	0,05	-0,05	-0,16	-0,04	0,10	0,09
Figures Enchevêtrées Pillon	-0,21	-0,15	-0,31	-0,19	-0,21	0,08
Barrage A	-0,30	0,02	-0,11	0,02	-0,26	0,21
Fausse(s) Alarme(s)	-0,26	-0,14	0,06	-0,09	-0,06	-0,11
Temps A	-0,13	-0,22	0,00	-0,19	0,08	-0,18
Barrage des cloches à 2min	-0,12	0,07	0,08	-0,04	-0,26	-0,05
Barrage des cloches	-0,15	-0,03	0,02	-0,08	-0,27	-0,04
Fausse(s) Alarme(s)	0,21	0,28	0,06	-0,03	-0,07	-0,11
Stratégie	-0,34	-0,21	-0,35	-0,07	-0,15	0,04
Déno {B. Ducarne}	-0,05	-0,05	-0,19	-0,02	0,05	0,02
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,05	0,00	-0,01	-0,20	-0,10	**-0,46**
Flèches {NEPSY}	0,30	0,04	0,25	0,05	0,00	-0,13
Schéma corporel & latéralisation	-0,07	0,21	0,15	-0,02	-0,04	0,39
Praxies	0,18	0,20	0,22	0,08	0,16	-0,29
Imagerie mentale	-0,12	0,07	**0,42**	-0,35	-0,13	**-0,61**

- La séquence lettres/chiffres est corrélée positivement à l'imagerie mentale (0.42).
- L'épreuve de la Statue est corrélée à la précision visuo-motrice (0.46).
- Il existe une corrélation négative (-0,61) entre l'épreuve d'imagerie mentale et celle de la statue de la NEPSY.

c- Corrélations épreuves du bilan neurovisuel / épreuves ayant une composante neurovisuelle

Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations entre les tâches du bilan neurovisuel et les tâches ayant une composante neurovisuelle. (Tableaux 7, 8, 9, 10 et 11 : les corrélations statistiquement significatives à p<.05 apparaissent en rouge)

Tableau 7 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)											
	Epreuves du bilan neurovisuel											
Variables	Ataxie	Figures Enchevêtrées Pillon	Barrage des cloches à 2min	Barrage des cloches	Fausse(s) Alarme(s)	Stratégie	Déno {B. Ducarne}	Précision visuomotrice {NEPSY}	Flèches {NEPSY}	Schéma corporel & latéralisation	Praxies	Imagerie mentale
Fixation	-0,05	-0,07	0,00	0,01	0,05	0,10	-0,05	-0,08	-0,30	0,04	-0,15	-0,10
Poursuite	**0,47**	0,41	0,40	0,40	-0,14	0,22	0,36	0,33	-0,05	-0,16	0,31	-0,22
Champ visuel	0,04	0,15	-0,19	-0,24	**1,00**	-0,10	-0,14	0,15	-0,26	-0,04	-0,12	-0,12
Extinction												
Ataxie	1,00	-0,07	0,16	0,11	0,05	0,10	-0,17	0,22	-0,23	0,04	0,12	-0,10
Mémoire visuelle												
Appariement												
Figures Enchevêtrées Enfants	0,05	**0,83**	0,23	0,28	0,06	0,07	**0,88**	0,38	0,22	0,06	**0,57**	-0,07
Figures Enchevêtrées Pillon	-0,07	1,00	**0,43**	**0,46**	0,16	-0,10	**0,72**	0,22	0,17	0,06	**0,43**	0,04
Barrage A	-0,15	0,12	0,12	0,16	0,15	-0,20	-0,23	-0,25	-0,16	0,14	-0,21	0,03
Fausse(s) Alarme(s)	0,05	0,16	0,07	0,14	-0,05	-0,10	0,05	0,08	0,02	-0,04	0,02	0,10
Temps A	**-0,53**	-0,31	**-0,52**	**-0,44**	0,00	0,24	-0,05	-0,07	-0,22	-0,17	-0,21	-0,04
Barrage des cloches à 2min	0,16	**0,43**	1,00	**0,98**	-0,19	-0,20	0,29	0,22	0,17	0,18	**0,57**	**0,53**
Barrage des cloches	0,11	**0,46**	**0,98**	1,00	-0,23	-0,13	0,30	0,26	0,22	0,15	**0,52**	**0,49**
Fausse(s) Alarme(s)	0,05	0,16	-0,19	-0,23	1,00	-0,10	-0,14	0,14	-0,27	-0,04	-0,12	-0,11
Stratégie	0,10	-0,10	-0,20	-0,13	-0,10	1,00	0,10	0,40	0,04	-0,11	-0,03	-0,13
Déno {B. Ducarne}	-0,17	**0,72**	0,29	0,30	-0,14	0,10	1,00	0,38	0,25	0,11	**0,65**	0,13
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,22	0,22	0,22	0,26	0,14	0,40	0,38	1,00	0,31	-0,09	**0,48**	0,32
Flèches {NEPSY}	-0,23	0,17	0,17	0,22	-0,27	0,04	0,25	0,31	1,00	0,10	0,34	0,23
Schéma corporel & latéralisation	0,04	0,06	0,18	0,15	-0,04	-0,11	0,11	-0,09	0,10	1,00	-0,08	0,12
Praxies	0,12	**0,43**	**0,57**	**0,52**	-0,12	-0,03	**0,65**	**0,48**	0,34	-0,08	1,00	**0,50**
Imagerie mentale	-0,10	0,04	**0,53**	**0,49**	-0,11	-0,13	0,13	0,32	0,23	0,12	**0,50**	1,00

- Il existe une corrélation positive entre l'épreuve testant la poursuite oculaire et la présence d'une ataxie (0.47).
- L'ataxie optique et le temps au « barrage des A » sont corrélées négativement (-0.53).
- Les deux épreuves de figures enchevêtrées ont une corrélation positive de 0.83.

- Les figures enchevêtrées de Pillon sont corrélées à l'épreuve de « barrage des cloches » (0.43 pour le score brut, 0.46 pour le score en déviation standard).

- Le barrage des cloches est corrélé négativement au temps obtenu au barrage des A (-0.52 et -0.44).

- Il existe une corrélation positive entre les praxies et le barrage des cloches (0.57 et 0.52).

- Il existe une corrélation positive entre le barrage des cloches et l'épreuve d'imagerie mentale (0.53 et 0.49).

- On observe une corrélation parfaite (1.00) entre l'épreuve de l'EVA testant le champ visuel et le nombre de fausses alarmes dans le barrage des cloches.

- Les deux épreuves de figures enchevêtrées sont corrélées positivement à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne (0.88 et 0.72).

- Il existe une corrélation entre les praxies et le score à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne (0.65).

- La précision visuo-motrice est corrélée positivement aux praxies (0.48).

- Il existe une corrélation positive de 0.57 et 0.43 entre les praxies et les figures enchevêtrées Enfants et de Pillon.

- Les praxies sont également corrélées positivement à l'épreuve d'imagerie mentale (0.50).

Tableau 8 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)								
	Epreuves langagières								
Variables	Dénomination {K-ABC-2}	Alouette-RTL	Alouette-RM	Alouette-RE	Alouette-RC	Alouette-RCM	Alouette-RCTL	Dictée mots réguliers {ODEDYS-2}	Dictée mots irréguliers {ODEDYS-2}
Fixation	-0,02	0,05	0,12	0,22	0,09	-0,06	0,14	0,05	0,06
Poursuite	-0,19	0,02	0,08	0,17	0,12	-0,04	0,16	-0,14	-0,16
Champ visuel	0,13	0,09	-0,17	0,39	-0,14	-0,31	-0,16	-0,07	-0,06
Extinction									
Ataxie	-0,39	-0,08	0,22	0,13	0,20	0,06	0,23	0,04	0,03
Mémoire visuelle									
Appariement									
Figures Enchevêtrées Enfants	0,39	-0,13	0,12	0,20	0,09	-0,16	0,12	0,05	0,04
Figures Enchevêtrées Pillon	**0,54**	0,03	0,12	**0,51**	0,12	-0,31	0,06	-0,22	-0,23
Barrage A	-0,02	-0,15	0,39	0,24	0,30	0,11	0,33	-0,33	-0,33
Fausse(s) Alarme(s)	0,09	-0,05	0,09	**0,50**	0,02	-0,17	0,04	-0,05	-0,04
Temps A	-0,06	0,11	-0,28	-0,27	-0,39	0,01	-0,27	0,33	0,34
Barrage des cloches à 2min	0,29	0,00	**0,51**	0,25	**0,49**	0,28	0,40	-0,37	-0,39
Barrage des cloches	0,30	-0,07	**0,50**	0,27	**0,45**	0,21	0,40	-0,34	-0,37
Fausse(s) Alarme(s)	0,15	0,08	-0,16	0,39	-0,14	-0,31	-0,15	-0,07	-0,06
Stratégie	0,15	-0,15	-0,28	-0,13	-0,36	-0,06	-0,01	-0,09	-0,10
Déno {B. Ducarne}	**0,55**	-0,02	0,05	0,03	0,03	-0,02	0,05	-0,03	-0,04
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,23	-0,29	-0,03	0,05	-0,05	-0,03	0,08	-0,01	0,00
Flèches {NEPSY}	0,23	-0,39	0,17	-0,18	0,21	0,12	0,17	-0,12	-0,11
Schéma corporel & latéralisation	0,22	-0,17	0,29	0,00	0,29	0,18	0,30	-0,03	-0,04
Praxies	0,35	-0,11	0,40	-0,13	0,37	**0,41**	0,34	0,02	0,01
Imagerie mentale	0,37	0,04	0,18	0,02	0,13	0,20	0,05	0,10	0,09

- La dénomination du K-ABC-2 est corrélée positivement aux figures enchevêtrées de Pillon (0.54) et à la dénomination de B. Ducarne (0.55). Ces deux épreuves de dénomination sont corrélées aux figures enchevêtrées de Pillon.

- Dans le test leximétrique de l'Alouette, on retrouve plusieurs corrélations :

    - Le nombre de mots lus est corrélé positivement au nombre de cloches barrées dans l'épreuve de barrage des cloches (0.51 et 0.50).

    - Le nombre d'erreurs à l'Alouette est corrélé positivement aux figures enchevêtrées de Pillon (0.51) et aux fausses alarmes du barrage des A (0.50).

    - Il existe une corrélation positive entre le nombre de mots correctement lus et le nombre de cibles barrées au barrage des cloches (0.49 et 0.45).

    - Il existe une corrélation positive entre l'indice de précision (CM) à l'Alouette-R et l'épreuve des praxies (0,41).

Tableau 9 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)										
	Mémoire -Encodage										Mémoire de travail
Variables	Loca de pts {CMS} Apprentissage	Loca de pts {CMS} Rappel immédiat	Loca de pts {CMS} Note totale	Loca de pts {CMS} Rappel différé	Figure de Rey Score	Figure de Rey Score	Figure de Rey Type	Figure de Rey Temps	Figure de Rey Rappel	Figure de Rey Rappel	Code
Fixation	0,16	-0,03	0,08	0,17	0,00	0,02	0,00	**-0,66**	0,05	0,07	-0,40
Poursuite	0,21	-0,01	0,14	-0,13	-0,04	-0,15	-0,05	-0,27	0,02	-0,05	0,28
Champ visuel	0,17	-0,33	-0,02	-0,25	-0,11	-0,05	0,15	-0,22	-0,09	-0,08	0,14
Extinction											
Ataxie	0,16	0,03	0,08	0,04	0,12	0,06	0,00	-0,25	0,11	0,09	0,20
Mémoire visuelle											
Appariement											
Figures Enchevêtrées Enfants	0,11	-0,20	0,03	-0,19	-0,02	0,04	-0,17	-0,19	0,12	0,11	0,34
Figures Enchevêtrées Pillon	-0,01	-0,27	-0,08	-0,15	-0,23	-0,23	-0,26	-0,17	-0,30	-0,32	0,29
Barrage A	-0,22	-0,24	-0,20	-0,15	0,10	0,13	-0,21	0,12	-0,16	-0,13	-0,09
Fausse(s) Alarme(s)	-0,09	0,03	-0,02	0,02	-0,17	-0,04	-0,30	-0,17	-0,14	-0,09	-0,33
Temps A	-0,29	-0,14	-0,25	-0,31	0,39	**0,56**	0,40	0,12	0,36	**0,42**	-0,37
Barrage des cloches à 2min	0,11	0,26	0,17	0,18	0,11	-0,07	**-0,45**	-0,12	-0,19	-0,29	0,24
Barrage des cloches	0,14	0,31	0,21	0,22	0,13	-0,03	**-0,47**	-0,15	-0,17	-0,26	0,26
Fausse(s) Alarme(s)	0,17	-0,32	-0,02	-0,24	-0,11	-0,05	0,15	-0,23	-0,10	-0,08	0,14
Stratégie	-0,05	0,01	-0,03	0,01	**0,54**	**0,48**	0,41	-0,06	0,24	0,18	0,01
Déno {B. Ducarne}	0,11	-0,08	0,10	-0,14	0,08	0,09	-0,24	-0,08	0,11	0,09	0,24
Précision visuomotrice {NEPSY}	**0,48**	0,28	**0,46**	0,03	0,23	0,17	-0,07	-0,29	0,10	0,02	0,33
Flèches {NEPSY}	0,14	0,25	0,22	0,36	-0,16	-0,23	-0,38	0,35	-0,11	-0,16	0,32
Schéma corporel & latéralisation	-0,15	-0,13	-0,19	0,04	-0,03	-0,05	-0,29	-0,24	-0,08	-0,08	0,20
Praxies	0,25	0,21	0,29	0,12	0,25	0,17	-0,27	0,06	0,31	0,22	0,26
Imagerie mentale	0,05	0,23	0,14	0,19	0,23	0,13	**-0,51**	0,13	0,02	-0,06	-0,01

- La précision visuo-motrice est corrélée positivement à l'apprentissage (0.48) et au score total de la localisation de points (0.46).

- La stratégie au barrage des cloches est corrélée positivement au score brut de la figure de Rey (0.54) et à la déviation standard correspondante (0.48).

- La difficulté à mettre une stratégie en place semble altérer la qualité de la copie de la figure. Par ailleurs, il existe une corrélation entre la déviation standard de la copie de la figure de Rey et le temps au barrage des A (0.56).

- La cotation en type de la figure de Rey correspond au type d'organisation choisie par l'enfant. Le score en type est corrélé négativement au barrage des cloches (-0.45 et -0.47) et à l'épreuve d'imagerie mentale (-0.51).

- Le temps de réalisation de la figure de Rey est corrélé négativement aux capacités de fixation (-0.66).

Tableau 10 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)								
	Attention	Flexibilité - Inhibition			Raisonnement				
Variables	Symboles	Mondes contraires {TEA-Ch} Endroit	Mondes contraires {TEA-Ch} Envers	Cogner/Frapper {NEPSY}	Cubes	Matrices	Identification de concepts	Complétement d'images	Key Search Test {BADS-C}
Fixation	0,00	0,07	-0,11	0,19	**-0,42**	-0,31	-0,11	-0,28	-0,22
Poursuite	0,06	**0,42**	0,10	0,09	-0,30	-0,07	-0,08	-0,15	-0,23
Champ visuel	0,21	0,08	-0,10	-0,18	0,24	0,36	0,03	0,27	0,22
Extinction									
Ataxie	0,00	0,15	0,16	-0,24	-0,04	0,29	0,05	-0,40	-0,22
Mémoire visuelle									
Appariement									
Figures Enchevêtrées Enfants	0,22	**0,56**	0,39	0,16	-0,21	0,17	**0,49**	0,30	0,14
Figures Enchevêtrées Pillon	0,26	**0,53**	0,25	0,35	-0,24	0,12	**0,45**	0,39	0,09
Barrage A	-0,11	0,00	-0,23	-0,06	0,01	-0,14	-0,12	0,07	-0,13
Fausse(s) Alarme(s)	0,20	0,16	0,17	0,24	0,30	0,13	0,11	-0,03	-0,17
Temps A	-0,15	**-0,53**	-0,41	0,02	0,23	-0,31	-0,32	-0,09	0,21
Barrage des cloches à 2min	0,28	0,41	0,34	0,10	-0,19	0,14	0,12	0,20	-0,17
Barrage des cloches	0,35	0,39	0,36	0,09	-0,12	0,11	0,13	0,23	-0,19
Fausse(s) Alarme(s)	0,20	0,09	-0,10	-0,19	0,23	0,37	0,03	0,28	0,22
Stratégie	0,11	-0,16	-0,17	0,06	0,20	-0,11	-0,02	-0,10	0,32
Déno {B. Ducarne}	0,13	**0,54**	0,41	0,19	-0,20	0,07	**0,49**	0,30	0,19
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,29	0,12	0,17	-0,36	**0,48**	**0,45**	**0,44**	0,19	0,14
Flèches {NEPSY}	0,29	0,17	**0,49**	0,05	0,34	0,38	**0,59**	**0,60**	0,14
Schéma corporel & latéralisation	0,01	0,25	0,32	0,24	-0,27	0,09	0,11	-0,07	-0,16
Praxies	0,19	0,39	0,36	-0,09	-0,08	**0,43**	**0,44**	0,39	0,31
Imagerie mentale	0,00	-0,21	0,01	-0,11	0,11	0,28	0,35	0,14	0,21

- L'épreuve des mondes contraires à l'endroit est corrélée positivement avec la poursuite oculaire (0.42). Elle est également corrélée aux figures enchevêtrées enfants et de Pillon (0.56 et 0.53) et à la dénomination de B. Ducarne (0.54). Elle est inversement corrélée au temps au barrage des A (-0.53).

- L'épreuve des mondes contraires à l'envers est corrélée positivement à l'épreuve des flèches de la NEPSY (0.49).

- L'épreuve des cubes est corrélée négativement à la fixation oculaire (-0.42) et positivement à la précision visuo-motrice (0.48).

- Le score aux matrices est corrélé positivement à la précision visuo-motrice (0.45) et aux praxies (0.43).

- Le score à l'épreuve d'identification de concepts est corrélé positivement aux figures enchevêtrées enfants et Pillon (0.49 et 0.45), à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne (0.49), à la précision visuo-motrice (0.44), à l'épreuve des flèches de la NEPSY (0.59) et aux praxies (0.44).

- L'épreuve de complètement d'images est corrélée positivement à l'épreuve des flèches de la NEPSY (0.60).

Tableau 11 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)					
	Praxies - motricité fine					
Variables	Imitation de positions de mains {NEPSY}	Imitation de positions de mains {NEPSY} m.d	Imitation de positions de mains {NEPSY} m.non-d	P. Pegboard Main dominante	Purdue Pegboard Main non-dominante	Purdue Pegboard Bimanuel
Fixation	0,00	0,02	-0,18	0,10	0,09	0,09
Poursuite	0,19	0,19	-0,06	0,41	0,41	0,41
Champ visuel	-0,05	-0,04	0,00	-0,10	-0,09	-0,09
Extinction						
Ataxie	0,07	0,06	0,08	0,10	0,11	0,11
Mémoire visuelle						
Appariement						
Figures Enchevêtrées Enfants	0,13	0,10	0,37	0,14	0,14	0,14
Figures Enchevêtrées Pillon	0,19	0,18	0,28	0,15	0,16	0,15
Barrage A	0,08	0,12	-0,15	-0,03	-0,03	-0,03
Fausse(s) Alarme(s)	-0,01	-0,03	0,18	-0,09	-0,09	-0,09
Temps A	-0,14	-0,14	-0,19	-0,25	-0,26	-0,26
Barrage des cloches à 2min	0,25	0,27	**0,52**	0,29	0,30	0,29
Barrage des cloches	0,25	0,26	**0,52**	0,26	0,26	0,26
Fausse(s) Alarme(s)	-0,05	-0,04	0,00	-0,10	-0,09	-0,10
Stratégie	-0,11	-0,11	-0,26	-0,20	-0,21	-0,21
Déno {B. Ducarne}	0,24	0,21	0,35	0,21	0,22	0,21
Précision visuomotrice {NEPSY}	0,40	0,37	**0,47**	0,35	0,35	0,35
Flèches {NEPSY}	-0,14	-0,17	**0,50**	-0,10	-0,11	-0,11
Schéma corporel & latéralisation	-0,04	-0,03	0,05	-0,13	-0,12	-0,12
Praxies	0,24	0,21	**0,74**	0,12	0,12	0,12
Imagerie mentale	0,16	0,15	**0,63**	0,22	0,22	0,22

- L'épreuve d'imitation de positions des mains (main non-dominante) est corrélée positivement au barrage des cloches (0.52), à la précision visuo-motrice (0.47), à l'épreuve des flèches de la NEPSY (0.50), aux praxies (0.74) et à l'épreuve d'imagerie mentale (0.63).

d- Corrélations épreuves du bilan neurovisuel/ questionnaire d'Achenbach

Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations entre certaines tâches du bilan neurovisuel et différentes sous-parties du questionnaire d'Achenbach. (Tableau 12 : les corrélations statistiquement significatives à p<.05 apparaissent en rouge)

Tableau 12 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)										
Variables	Achenbach Retrait social	Achenbach Plaintes somatiques	Achenbach Anxiété Dépression	Achenbach Problèmes sociaux	Achenbach Troubles de la pensée	Achenbach Problèmes d'attention	Achenbach Comportements délinquants	Achenbach Comportements agressifs	Achenbach Problèmes internes	Achenbach Problèmes externes	Achenbach Total
Fixation	0,08	-0,18	0,25	0,30	0,02	0,08	-0,11	0,09	0,11	-0,01	0,04
Poursuite	0,01	0,22	0,18	0,22	0,27	**0,48**	0,07	0,32	0,16	0,16	0,19
Champ visuel	0,28	-0,04	0,08	0,10	-0,15	-0,02	0,22	0,02	0,15	0,05	0,07
Extinction											
Ataxie	0,08	0,04	-0,12	0,11	0,02	0,19	0,07	0,11	0,01	0,04	0,04
Mémoire visuelle											
Appariement											
Figures Enchevêtrées Enfants	-0,16	0,15	-0,03	-0,05	0,01	0,15	0,23	0,15	-0,08	0,26	0,08
Figures Enchevêtrées Pillon	-0,11	0,18	0,04	-0,06	0,13	0,29	0,21	0,20	0,01	0,29	0,16
Barrage A	-0,24	-0,28	-0,13	0,05	-0,20	-0,08	-0,16	-0,22	-0,21	-0,21	-0,15
Fausse(s) Alarme(s)	-0,08	-0,31	0,01	-0,20	-0,15	-0,05	-0,21	-0,09	-0,11	-0,04	-0,08
Temps A	-0,11	-0,17	-0,12	0,10	-0,24	-0,28	-0,25	-0,14	-0,19	-0,18	-0,18
Barrage des cloches à 2min	-0,07	0,10	0,15	0,25	0,29	**0,47**	-0,04	0,18	0,12	0,25	0,26
Barrage des cloches	-0,17	-0,04	0,07	0,25	0,17	**0,42**	-0,17	0,07	0,01	0,13	0,16
Fausse(s) Alarme(s)	0,28	-0,04	0,08	0,10	-0,15	-0,03	0,22	0,02	0,14	0,05	0,07
Stratégie	-0,36	-0,39	**-0,50**	-0,15	-0,24	-0,36	-0,40	-0,24	**-0,58**	**-0,42**	**-0,55**
Déno {B. Ducarne}	-0,21	0,23	0,00	-0,12	0,11	0,08	0,17	0,13	-0,08	0,26	0,04
Précision visuomotrice {NEPSY}	-0,02	0,04	-0,13	-0,06	0,01	-0,06	0,00	0,00	-0,12	0,00	-0,09
Flèches {NEPSY}	-0,06	-0,23	-0,14	**-0,49**	-0,04	-0,22	0,12	-0,25	-0,21	-0,07	-0,17
Schéma corporel & latéralisation	-0,14	-0,09	-0,15	-0,30	-0,15	-0,05	-0,05	-0,05	-0,18	0,03	-0,11
Praxies	-0,03	0,22	0,00	0,08	0,20	0,10	0,29	0,15	0,03	0,33	0,15
Imagerie mentale	-0,02	0,11	-0,16	-0,02	0,14	-0,02	-0,09	-0,10	-0,04	0,05	0,02

- Il existe une corrélation négative (-0.50) entre la présence d'une stratégie à l'épreuve de barrage des cloches et l'existence de troubles anxieux ou dépressifs chez ces enfants.

- La corrélation entre les flèches de la NEPSY et l'existence de problèmes sociaux est de -0,49.

- Les problèmes d'attention mis en évidence par le questionnaire d'Achenbach sont corrélés positivement à la poursuite oculaire (0.48) et au barrage des cloches (0.47 pour le score brut et 0.42 pour le score exprimé en déviation standard).

- La mise en place d'une stratégie dans l'épreuve du barrage des cloches est corrélée négativement aux « problèmes internes » (-0.58), aux problèmes externes (-0.42) et au score total obtenu au questionnaire d'Achenbach (-0.55).

e- Corrélations épreuves du bilan neurovisuel/ questionnaire BRIEF

Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations entre certaines tâches du bilan neurovisuel et différentes sous-parties du questionnaire BRIEF. (Tableau 13 : les corrélations statistiquement significatives à p<.05 apparaissent en rouge)

Tableau 13 :

	Correlations (Stats)Marked correlations are significant at p < ,05000N=23 (Casewise deletion of missing data)										
Variables	BRIEF Global	BRIEF Régulation	BRIEF Métacognition	BRIEF Inhibition	BRIEF Flexibilité	BRIEF Contrôle émotions	BRIEF Initiation	BRIEF Mémoire de travail	BRIEF Planif/Orga	BRIEF Organisation du matériel	BRIEF Autocontrôle
Fixation	0,00	0,08	-0,04	-0,07	0,23	0,05	-0,07	-0,31	0,09	0,08	0,04
Poursuite	0,16	0,10	0,21	0,19	0,16	-0,07	0,22	0,23	0,22	0,11	-0,03
Champ visuel	0,36	0,30	0,38	0,17	0,30	0,25	0,20	0,33	0,31	0,31	0,40
Extinction											
Ataxie	0,38	0,30	0,41	0,31	0,12	0,29	0,32	0,29	0,39	0,18	0,38
Mémoire visuelle											
Appariement											
Figures Enchevêtrées Enfants	0,07	-0,06	0,15	0,08	-0,14	-0,07	0,07	0,25	0,13	0,24	-0,13
Figures Enchevêtrées Pillon	0,07	-0,08	0,18	0,09	-0,16	-0,12	0,10	0,30	0,12	0,22	-0,04
Barrage A	-0,09	-0,02	-0,10	-0,18	-0,08	0,19	-0,02	-0,09	-0,16	-0,27	0,12
Fausse(s) Alarme(s)	0,03	-0,09	0,11	-0,09	-0,11	0,01	0,25	0,04	0,07	0,01	0,09
Temps A	-0,31	-0,21	-0,35	-0,35	-0,20	0,04	-0,23	-0,25	-0,27	**-0,42**	-0,20
Barrage des cloches à 2min	0,26	0,19	0,29	0,22	0,12	0,12	0,23	0,22	0,26	0,22	0,17
Barrage des cloches	0,21	0,15	0,25	0,13	0,09	0,14	0,27	0,21	0,23	0,10	0,14
Fausse(s) Alarme(s)	0,36	0,30	0,38	0,17	0,29	0,25	0,20	0,33	0,30	0,32	0,40
Stratégie	**-0,49**	**-0,47**	**-0,48**	**-0,42**	**-0,43**	-0,31	-0,35	-0,34	**-0,46**	-0,20	**-0,49**
Déno {B. Ducarne}	-0,15	-0,28	-0,09	-0,07	-0,29	-0,31	-0,22	0,07	-0,06	0,25	-0,40
Précision visuomotrice {NEPSY}	-0,03	-0,17	0,03	-0,04	-0,07	-0,30	-0,12	0,14	0,06	0,27	-0,22
Flèches {NEPSY}	-0,11	-0,18	-0,07	-0,03	-0,06	-0,32	-0,05	-0,03	-0,07	0,09	-0,24
Schéma corporel & latéralisation	-0,11	-0,11	-0,11	0,02	-0,24	-0,05	-0,09	-0,24	0,03	-0,16	-0,05
Praxies	0,14	0,00	0,17	0,09	-0,04	-0,03	-0,04	0,18	0,09	**0,55**	-0,06
Imagerie mentale	0,02	-0,10	0,04	-0,14	-0,03	-0,09	-0,11	-0,07	0,10	0,21	0,03

- La mise en place de stratégie est corrélée négativement au score global du questionnaire BRIEF (-0.49) et plus particulièrement aux sous-catégories régulation (-0.47), métacognition (-0.48), inhibition (-0.42), flexibilité (-0.43), planification/organisation (-0.46) et autocontrôle (-0.49).

- La partie « Organisation du matériel » du questionnaire BRIEF est corrélée négativement au temps de barrage des A (-0.42) et positivement aux praxies (0.55).

DISCUSSION

Ce protocole expérimental vise à définir le profil neuropsychologique d'enfants adressés pour des troubles neurovisuels et ayant des antécédents d'hypoxie et/ou de prématurité, avec ou sans lésion visible à l'IRM. Les différences significatives entre les différentes populations ont permis d'étudier les effets de l'hypoxie et/ou de la prématurité dans un premier temps, et le lien entre la présence d'une lésion visible à l'IRM et l'échec à certaines épreuves dans un second temps. Enfin, l'étude des corrélations permet de voir que certaines tâches font intervenir le même processus cognitif ou la même région cérébrale, ou bien que la sévérité d'un trouble peut majorer les difficultés d'un ensemble de tâches et ce, de façon conjointe.

Effets de l'hypoxie et/ou de la prématurité

Lorsqu'on regarde les résultats des trois groupes d'étude (hypoxie/hypoxie et prématurité/prématurité), on peut voir que certaines épreuves sont mieux réussies par certains groupes ou au contraire plus déficitaires.

En effet, le graphique présentant les scores z (figure 18) obtenus par chaque groupe à chacune des épreuves met en évidence que les enfants combinant des antécédents de prématurité et d'hypoxie échouent plus largement sur les épreuves visuelles, mais semblent compenser ces difficultés visuelles par des aptitudes verbales bien investies.

Ces enfants semblent compenser de façon plus importante que les deux autres groupes sur le plan du langage oral puisqu'ils obtiennent des scores supérieurs aux épreuves de similitudes (+1,33DS) et à l'indice de compréhension verbale (+0,58 DS) du WISC-IV, ainsi qu'aux épreuves de dénomination de la K-ABC-2 (+0,54) et de fluence sémantique (+1,19). Cependant, ils sont plus en difficultés pour investir le langage écrit, celui-ci impliquant la modalité visuelle. Cependant, on peut se demander s'il s'agit d'une compensation ou si d'emblée ces enfants ont un profil de troubles plus visuel et moins verbal. Il faudrait une étude longitudinale pour savoir que c'est une compensation ou un profil caractéristique de cette population.

Ces mêmes enfants présentent par ailleurs des scores plus chutés par rapport au groupe hypoxie et au groupe prématurité aux épreuves suivantes : les cubes du WISC-IV (-2,08 DS), la localisation de points en rappel immédiat (-1,33 DS), la copie de la Figure de Rey (-3,74 DS), l'imitation de positions des mains avec la main dominante (-2,63 DS) et le Purdue

Pegboard avec la main dominante (-2,58 DS). Il est important de souligner que ces épreuves qui sont les plus échouées font appel aux capacités visuo-motrices et sont aussi les moins verbalisables.

Des difficultés à ces épreuves semblent indiquer un dysfonctionnement des aires pariéto-frontales.

De plus, les résultats déficitaires des trois populations au Purdue Pegboard et à l'imitation de positions des mains, peuvent faire émerger l'hypothèse de l'existence de séquelles psychomotrices, de coordination visuo-motrice ou motrices.

Cependant, l'analyse statistique n'a mis en évidence une différence significative entre les trois populations que pour la différence de points entre l'ICV (Indice de compréhension verbale) et l'IRP (Indice de raisonnement perceptif) et pour l'épreuve de localisation des points en rappel immédiat.

On retrouve une dissociation entre l'ICV et l'IRP plus importante dans le groupe hypoxie et prématurité que dans les deux autres groupes. On semble retrouver cette notion de compensation des difficultés grâce à un investissement important du langage oral. Cette différence entre l'ICV et l'IRP semble aller dans le sens de la dissociation entre le QIV (Quotient intellectuel verbal) et le QIP (Quotient intellectuel de performance) rapportée par certains auteurs. Selon eux, cette dissociation pourrait être un marqueur clinique des « visual perceptual impairment » ou troubles de l'analyse visuelle essentiellement dus à un dysfonctionnement des aires visuelles associatives. Cependant, cet élément ne peut pas être considéré comme un marqueur spécifique des troubles neurovisuels car cette différence peut-être due à des troubles moteurs fréquents chez les enfants atteints de LPV. De plus, les performances au test de QI dépendent de l'intégrité des autres fonctions cognitives. (Fazzi, Bova et al., 2004) [41]

Le fait de combiner les facteurs d'hypoxie et de prématurité semble augmenter de façon significative les difficultés sur l'épreuve de localisation de points en rappel immédiat. Il est donc plus difficile pour ce groupe d'encoder les informations visuo-spatiales afin de les mémoriser et d'avoir une récupération efficiente des données. En effet, la perception sensorielle visuelle intervient au cours de l'étape d'encodage.

On retrouve donc les mêmes difficultés que dans les épreuves impliquant les processus visuo-spatiaux d'organisation de l'espace.

Les difficultés rencontrées lors de l'épreuve de localisation de points en rappel immédiat pourraient être imputables à un déficit de l'orientation dans l'espace et/ou à un trouble de l'attention visuelle et/ou à un trouble de la mémoire visuelle.

Un déficit d'orientation dans l'espace pourrait donc sous-entendre l'implication des aires temporo-pariétales dans cette tâche, tandis qu'un trouble de l'attention visuelle impliquerait les aires fronto-pariétales.

Un trouble de la mémoire visuelle pourrait être dû à un dysfonctionnement du calepin visuo-spatial appartenant à la mémoire de travail. Il joue un rôle important dans le stockage d'informations visuelles et le mécanisme de rappel spatial.

Par ailleurs, certaines études ont montré que l'hippocampe droit serait impliqué dans les tests standards de mémorisation de localisation d'objets. Mais il serait également impliqué de manière spécifique dans les tâches de mémoire qui requièrent l'analyse des positions dans l'espace. (Burgess, Maguire et al., 2002) [15] Ces troubles de la mémoire visuelle sont observés chez des enfants ayant des antécédents d'hypoxie ou de prématurité, mais de façon nettement plus importante lorsque ces deux antécédents sont combinés. Or, l'hypoxie peut entraîner des lésions de l'hippocampe au sein du lobe temporal. On peut donc se demander si la survenue d'un épisode hypoxique lors d'une naissance prématurée ne serait pas plus délétère pour l'hippocampe que lors d'une naissance à terme, ce qui pourrait se manifester par des troubles de la mémoire visuelle majorés.

Cependant, il faudra noter que parmi ces enfants, certains ne présentent pas ou plus de score pathologique à la batterie EVA. Or, beaucoup d'entre eux présentent un ensemble de troubles neuropsychologiques sur le plan verbal ou non verbal. Ces enfants sont donc adressés pour des troubles neurovisuels, alors qu'ils présentent un profil complexe de troubles neuropsychologiques intéressant la cognition visuelle, spatiale et attentionnelle mais également le versant visuo-moteur, praxique et verbal. Face à ces enfants, il faut donc être prudent et leur proposer une évaluation neuropsychologique complète (verbale et non verbale) même s'ils présentent au premier plan des troubles visuo-spatiaux.

Effets d'une lésion visible vs. non visible à l'IRM

Les analyses statistiques ont mis en évidence l'existence d'une différence significative entre les deux populations d'étude sur les épreuves suivantes : l'IVT (Indice de vitesse de traitement), le code du WISC-IV, l'imitation de positions des mains (main dominante) et la sous-partie « mémoire de travail » du questionnaire BRIEF.

Les enfants présentant une lésion visible à l'IRM ont un IVT plus chuté que les enfants qui n'ont pas de lésion. L'IVT est calculé grâce aux scores obtenus aux subtests « code » et « symboles » du WISC-IV. On observe également une différence significative pour le subtest « code », ce qui va en effet dans le même sens.

L'altération de la vitesse de traitement et les difficultés rencontrées à l'épreuve du code peuvent être en lien avec des difficultés visuelles (analyse visuelle et mémoire visuelle), des difficultés de planification et/ou des difficultés grapho-motrices qui peuvent ralentir la transcription des symboles.

Par ailleurs, l'épreuve d'imitation de positions des mains (main dominante) est plus échouée par le groupe d'enfants présentant une lésion. Cette épreuve requiert des capacités d'orientation spatiale, de rotation mentale et de dextérité manuelle.

Ces difficultés étant plus importantes chez les enfants présentant une lésion visible, on peut, de nouveau, s'interroger sur la présence de séquelles psychomotrices, de coordination visuo-motrice ou motrices chez ces enfants. Cependant, on peut supposer que ces difficultés sont dues à la fois à des troubles praxiques ou visuo-moteurs et à des troubles de l'organisation visuo-spatiale.

En ce qui concerne la sous-partie « mémoire de travail » du questionnaire BRIEF, il est étonnant de constater que ce sont les enfants ne présentant pas de lésion visible qui émettent une plainte plus importante. On peut donc penser que ces enfants et leurs parents ne situent pas le trouble dans la « bonne case neurologique » et de ce fait ils ne comprennent pas quel est ce trouble et ce qu'il implique. Il pourrait donc être intéressant de tester cette hypothèse sur un plus grand nombre d'enfants avec et sans lésion visible.

Corrélations

Concernant les corrélations entre les épreuves de la batterie EVA :

La corrélation positive entre la poursuite oculaire et l'épreuve des « figures enchevêtrées enfants » met en évidence des difficultés d'exploration et donc de réussite à cette épreuve.

Une corrélation négative ressort entre la poursuite oculaire et le temps obtenu à l'épreuve de « Barrage des A ». On peut donc penser que les difficultés d'exploration engendrées par le trouble de la poursuite obligent l'enfant à prendre plus de temps.

Une bonne poursuite oculaire est donc garante d'une bonne exploration visuelle et d'un certain degré d'efficacité dans la réalisation de certaines tâches.

Concernant les corrélations entre les épreuves du bilan neurovisuel et les épreuves sans composante neurovisuelle :

La corrélation positive entre le barrage des cloches à 2 minutes et l'apprentissage d'une liste de mots fait supposer que l'apprentissage des mots nécessite le passage par une représentation mentale du mot afin de le maintenir en mémoire et d'avoir une récupération efficace. En effet, dans ces deux tâches, l'enfant doit encoder en mémoire la ou les cibles (la cloche ou les mots).

La séquence lettres/chiffres est corrélée positivement à l'imagerie mentale. Des difficultés d'imagerie mentale compliquent donc les tâches impliquant la mémoire de travail, ici, la mémorisation et la manipulation d'informations. On peut donc penser que la mémorisation et la manipulation d'informations comme dans l'épreuve « séquence lettres-chiffres » implique l'utilisation d'une représentation mentale des différents éléments.

L'épreuve de la Statue est corrélée à la précision visuo-motrice ce qui est cohérent puisque ces deux épreuves font toutes deux appel au contrôle moteur.

Il existe une corrélation négative entre l'épreuve d'imagerie mentale et celle de la statue de la NEPSY. Cela laisse penser que de bonnes capacités visuo-motrices pourraient améliorer les capacités d'imagerie mentale. On peut donc supposer que ce sont des troubles associés. On peut aussi émettre l'hypothèse que ces processus se développent conjointement.

Concernant les corrélations entre les épreuves du bilan neurovisuel et les épreuves avec une composante neurovisuelle :

Il existe une corrélation positive entre l'épreuve testant la poursuite oculaire et la présence d'une ataxie. Ceci est cohérent puisque l'ataxie correspond à un déficit du contrôle visuel ce qui perturbe nécessairement la poursuite oculaire.

L'ataxie optique et le temps au « barrage des A » sont corrélés négativement. Cela signifie que plus l'ataxie est importante, plus le temps nécessaire à l'orientation du geste manuel pour barrer la cible augmente.

Les deux épreuves de figures enchevêtrées ont une corrélation positive. On peut donc penser que ces deux épreuves peuvent être proposées de façon indifférenciée, mais ceci devra être confirmé sur une population plus large.

La corrélation entre les figures enchevêtrées de Pillon et l'épreuve de « barrage des cloches » s'explique par les difficultés d'exploration et/ou d'analyse visuelle.

Le barrage des cloches est corrélé négativement au temps obtenu au barrage des A. Donc, plus le score au barrage des cloches est faible, plus le temps est augmenté au barrage des A. Ces deux épreuves testent l'exploration visuelle, or cette dernière semble difficile dans notre population d'étude. Il est donc logique de trouver une corrélation entre ces épreuves.

Il existe une corrélation positive entre les praxies et le barrage des cloches. On peut donc penser que plus le trouble neurovisuel est important, plus les enfants présentent un trouble sévère sur le plan praxique et sur le plan de l'analyse et de l'attention visuelle. L'intensité de ces troubles va donc augmenter de façon conjointe.

La corrélation positive entre le barrage des cloches et l'épreuve d'imagerie mentale laisse donc penser que plus le trouble neurovisuel est important plus les difficultés à ces épreuves vont augmenter de façon conjointe.

On observe une corrélation parfaite entre l'épreuve de l'EVA testant le champ visuel et le nombre de fausses alarmes dans le barrage des cloches.

Les deux épreuves de figures enchevêtrées sont corrélées positivement à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne Cette corrélation met en évidence la composante visuelle de

l'épreuve de dénomination. L'épreuve de dénomination requiert donc une analyse visuelle préalable. C'est donc à la fois une épreuve langagière et une épreuve d'analyse visuelle.

Il existe une corrélation entre les praxies et le score à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne. On peut penser que les troubles de l'analyse visuelle impliqués dans l'épreuve de dénomination sont associés aux troubles praxiques du fait du profil du trouble neurovisuel (sur le plan visuo-moteur). On peut également faire l'hypothèse que l'aspect langagier de la dénomination serait géré par des aires cérébrales proches de celles qui gèrent les praxies (fronto-pariétal).

La précision visuo-motrice est corrélée positivement aux praxies. En effet, le manque de précision et de contrôle du geste moteur par la vision va rendre la réalisation des praxies plus difficile. Cela peut mettre en évidence des difficultés sur le plan de la motricité fine. Ces tâches impliquent donc les mêmes processus.

Il existe une corrélation positive entre les praxies et les figures enchevêtrées Enfants et de Pillon. On peut donc supposer que l'aspect visuel du geste peut gêner l'enfant dans la réalisation de ces tâches.

Les praxies sont également corrélées positivement à l'épreuve d'imagerie mentale. On peut donc supposer que ces troubles sont associés et vont tous deux varier selon la sévérité du trouble neurovisuel.

La dénomination du K-ABC-2 est corrélée positivement aux figures enchevêtrées de Pillon et à la dénomination de B. Ducarne. Ces deux épreuves de dénomination sont corrélées aux figures enchevêtrées de Pillon. On peut donc faire l'hypothèse qu'une épreuve de dénomination est une épreuve d'analyse visuelle avant d'être une épreuve langagière.

Dans le test leximétrique de l'Alouette, on retrouve plusieurs corrélations :

- Le nombre de mots lus est corrélé positivement au nombre de cloches barrées dans l'épreuve de barrage des cloches. Or, on a pu voir précédemment que le nombre de cibles barrées est corrélé au temps au barrage des A. On peut donc conclure à une exploration et à un traitement des informations visuelles plus lents. Ainsi, on peut penser que la lecture structure l'exploration visuelle. Donc, plus la lecture de l'enfant sera efficiente, plus il sera efficace dans les tâches de barrage.

- Le nombre d'erreurs à l'Alouette est corrélé positivement aux figures enchevêtrées de Pillon et aux fausses alarmes du barrage des A. On peut donc supposer que des difficultés d'attention visuelle et/ou d'exploration peuvent augmenter le nombre d'erreurs à ce test. Il faut souligner que les erreurs à l'Alouette sont aussi dues à des erreurs d'analyse visuelle, et les figures enchevêtrées ainsi que le barrage (surtout les fausses alarmes) font logiquement intervenir l'analyse visuelle.

- Il existe une corrélation positive entre le nombre de mots correctement lus et le nombre de cibles barrées au barrage des cloches. Ces deux épreuves nécessitent donc de bonnes capacités d'exploration et d'analyse visuelle.

- Il existe une corrélation entre l'indice de précision à l'Alouette-R (CM) et l'épreuve des praxies. On pourrait alors s'interroger sur le fait que ces deux tâches fassent intervenir la même région cérébrale. Cette corrélation pourrait donc aller dans le sens des théories motrices de la lecture développées par certains auteurs. En effet, selon D'Angelo et Casali (2013) [31], l'activité du cervelet serait liée à l'efficience de la lecture, or, le cervelet joue également un rôle primordial dans la coordination sensori-motrice qui est impliquée lors de la réalisation de praxies. Selon eux, un dysfonctionnement au niveau de certaines boucles cérébello-cérébrales pourraient être à l'origine de pathologies telles que l'ataxie ou encore la dyslexie. Grâce aux données recueillies en neuro-imagerie et en neuropsychologie, il a été mis en évidence qu'il y avait une activation du cervelet dans des tâches utilisées pour évaluer l'attention, certaines fonctions exécutives, le langage, la mémoire de travail et les apprentissages. (Strick, Dum, et al., 2009) [91] Ainsi, le cervelet interviendrait dans diverses fonctions cognitives.

  Par ailleurs, il se pourrait que plus les enfants sont sur un profil neurovisuel et praxique, plus le risque de trouble de la lecture devrait être grand par difficulté conjointe d'exploration visuelle, de reconnaissance visuelle, de graphisme etc…

La précision visuo-motrice est corrélée positivement à l'apprentissage et au score total de la localisation de points. On peut penser que la composante visuelle peut donc interférer dans la mémorisation d'informations visuelles et spatiales. Ces différentes tâches font intervenir les mêmes processus.

La stratégie au barrage des cloches est corrélée positivement au score brut de la figure de Rey et à la déviation standard correspondante. Ceci peut mettre en évidence des difficultés d'organisation dans ces deux tâches.

La difficulté à mettre une stratégie en place semble altérer la qualité de la copie de la figure. Par ailleurs, il existe une corrélation entre la déviation standard de la copie de la figure de Rey et le temps au barrage des A. Ces enfants ont donc besoin de plus de temps pour explorer et analyser les différents éléments de la figure afin de la copier.

La cotation en type de la figure de Rey selon Wallon et Mesmim (2009) [100] correspond au type d'organisation choisie par l'enfant. Le score en type est corrélé négativement au barrage des cloches et à l'épreuve d'imagerie mentale. Les corrélations sont négatives car la cotation en type se fait avec une note allant de 1 à 7. Chaque note correspond à un type d'organisation. Plus la note est élevée, moins l'enfant a eu recours à une stratégie d'organisation pour la reproduction de sa figure. (Thine-Coussié, 2012) [92] La corrélation négative avec le barrage des cloches indique que dans les deux cas ces difficultés d'organisation vont entraver la réussite à ces épreuves. Par ailleurs, la reproduction de la figure de Rey nécessite d'élaborer des représentations mentales ce qui fait appel aux même processus que dans l'épreuve d'imagerie mentale. Ces corrélations mettent en évidence des capacités visuo-constructives perturbées ainsi que des difficultés de perception.

Le temps de réalisation de la figure de Rey est corrélé négativement aux capacités de fixation. On peut donc supposer que ces deux tâches sont associées et mettent en évidence des difficultés d'analyse visuelle.

L'épreuve des mondes contraires à l'endroit est corrélée positivement avec la poursuite oculaire ce qui est cohérent puisque l'enfant doit suivre un chemin en faisant aller ses yeux de case en case. Elle est également corrélée aux figures enchevêtrées enfants et de Pillon et à la dénomination de B. Ducarne. Toutes ces épreuves requièrent une analyse visuelle. L'épreuve des « Mondes contraires » a donc une forte composante visuelle qui peut interférer dans la réussite à cette épreuve. Elle est inversement corrélée au temps au barrage des A. Ainsi, plus l'enfant mettra de temps à effectuer l'épreuve de barrage des A, plus l'épreuve des « Mondes contraires » risque d'être difficile.

L'épreuve des mondes contraires à l'envers est corrélée positivement à l'épreuve des flèches de la NEPSY. Ces deux épreuves nécessitent de bonnes capacités d'inhibition pour résister

aux éléments distracteurs et une mémoire de travail efficace. Ils font donc appel à des processus similaires.

L'épreuve des cubes est corrélée négativement à la fixation oculaire et positivement à la précision visuo-motrice. Ces corrélations sont attendues puisque l'épreuve des cubes requiert des capacités visuo-constructives et une précision oculomotrice.

Le score aux matrices est corrélé positivement à la précision visuo-motrice et aux praxies. Toutes ces deux épreuves nécessitent un traitement visuo-spatial efficace. Par ailleurs, on peut émettre l'hypothèse que les troubles de l'analyse visuelle dans l'épreuve des matrices sont associés aux troubles praxiques du fait du profil du trouble neurovisuel (sur le plan visuo-moteur). L'épreuve des matrices s'appuie donc sur un raisonnement visuel mais fait également appel à des compétences langagières, selon les corrélations. Cela pose un réel problème car, normalement, les matrices permettent d'évaluer le raisonnement non verbal, on peut donc s'interroger sur la pertinence de ce test.

Le score à l'épreuve d'identification de concepts est corrélé positivement aux figures enchevêtrées enfant et Pillon, à l'épreuve de dénomination de B. Ducarne, à la précision visuo-motrice, à l'épreuve des flèches de la NEPSY et aux praxies. Cette épreuve est donc avant tout une épreuve reposant sur l'analyse visuelle et peut être altérée par un trouble du raisonnement visuel. De nouveau, on peut s'interroger sur l'utilisation de ce test qui est censé tester le raisonnement visuel mais qui, en réalité, implique également un aspect langagier puisqu'elle est corrélée à la dénomination et aux praxies.

Ces corrélations mettent en avant la difficulté à utiliser certaines tâches du WISC (cubes, matrices et identification des concepts) avec des enfants présentant des troubles neurovisuels. En effet, d'après les corrélations, les résultats à ces tâches sont le reflet des troubles neurovisuels et non de l'efficience intellectuelle non verbale.

La corrélation entre les épreuves de complétement d'images et des flèches de la NEPSY est attendue puisque ces deux épreuves présentent une composante visuo-spatiale importante.

L'épreuve d'imitation de positions de mains (main non-dominante) est corrélée positivement au barrage des cloches, à la précision visuo-motrice, à l'épreuve des flèches de la NEPSY,

aux praxies et à l'épreuve d'imagerie mentale. Ces corrélations montrent que l'épreuve d'imitation de la position des mains peut être altérée par la présence de troubles neurovisuels qui peuvent affecter la réalisation du geste sous contrôle de la vision, l'orientation et la représentation visuo-spatiales et la motricité fine. Ces difficultés apparaissent uniquement avec la main non-dominante.

Concernant les corrélations entre les épreuves du bilan neurovisuels et les scores au questionnaire d'Achenbach

Les corrélations entre la présence d'une stratégie à l'épreuve de barrage des cloches et l'existence de troubles anxieux ou dépressifs d'une part, et la corrélations entre les flèches de la NEPSY et l'existence de problèmes sociaux, d'autre part, ne seront pas interprétées ici.

Les problèmes d'attention mis en évidence par le questionnaire d'Achenbach sont corrélés positivement à la poursuite oculaire et au barrage des cloches. Les troubles de l'exploration visuelle semblent majorer les difficultés d'attention. Il semble donc que des difficultés visuo-attentionnelles soient fréquemment associées aux troubles neurovisuels et interfèrent dans les différentes sphères de la vie de l'enfant.

La mise en place d'une stratégie dans l'épreuve du barrage des cloches est corrélée négativement aux « problèmes internes », aux problèmes externes et au score total obtenu au questionnaire d'Achenbach. Les problèmes internes recouvrent les aspects de « retrait social, plaintes physiques et anxiété-dépression ». Les problèmes externes font référence aux « comportements délinquants et comportements agressifs ». On peut donc supposer que les difficultés de mise en place de stratégie se retrouvent dans les différents aspects de la vie de l'enfant.

Concernant les corrélations entre les épreuves de bilan neurovisuel et les scores au questionnaire BRIEF :

La mise en place de stratégie est corrélée négativement au score global du questionnaire BRIEF et plus particulièrement aux sous-catégories régulation, métacognition, inhibition, flexibilité, planification/organisation et autocontrôle. Ces enfants présenteraient donc des difficultés sur le plan des fonctions exécutives qui interfèreraient avec la mise en place d'une

stratégie d'exploration au barrage des cloches. On peut donc penser que ces difficultés se retrouvent dans la vie quotidienne de l'enfant.

La partie « Organisation du matériel » du questionnaire BRIEF est corrélée négativement au temps de barrage des A et positivement aux praxies. On peut donc penser que, dans la vie de tous les jours, l'enfant mettra plus de temps pour organiser et manipuler le matériel dont il a besoin.

Limites des études

Notre échantillon d'étude pose le problème du nombre d'enfants. En effet, il aurait été préférable de pouvoir tester un plus grand nombre d'enfants au sein des trois groupes hypoxie, prématurité et hypoxie et prématurité. Même si le dépistage précoce des troubles neurovisuels se fait de plus en plus fréquemment, il n'est hélas pas encore systématique. Cette population d'enfants est donc compliquée à recruter en grand nombre, d'autant que les conditions de naissance particulières ne sont pas toujours clairement avérées dans les dossiers médicaux de ces enfants.

De même, il eût été intéressant de tester une cohorte d'enfants plus importante présentant ou non une lésion visible à l'IRM.

Par ailleurs certains enfants de notre échantillon n'ont pas eu l'occasion de passer une IRM dans le passé, or il aurait été intéressant que chacun d'entre eux passe une IRM afin de dépister la présence de lésions visibles. Il aurait également été très intéressant de leur faire passer un examen scintigraphique cérébral afin de voir si des troubles de la perfusion peuvent être liés à des troubles neurovisuels et/ou neuropsychologiques.

Afin d'approfondir l'étude de l'effet d'une lésion visible à l'IRM sur les troubles neurovisuels et/ou neuropsychologiques, il faudrait tenir compte de la localisation des lésions. La confrontation de ces données permettrait de dresser un profil de troubles correspondant aux lésions. Une étude future combinant l'étiologie des troubles, la présence de lésions et leur localisation pourrait apporter de nouveaux éléments et aider à la compréhension de tous ces processus.

Cette étude se confronte également à un manque de réel modèle développemental des processus visuo-spatiaux. De nombreuses tâches mises en jeu dans le bilan

neuropsychologique de cette étude sont complexes et mobilisent plusieurs processus simultanés. En effet, les corrélations mises en évidence par cette étude nous indiquent que les fonctions exécutives sont fréquemment impliquées dans les tâches à composante neurovisuelle et que certains processus neurovisuels interagissent pour la réalisation d'une même tâche.

Il conviendrait donc d'affiner le choix des épreuves du bilan neurovisuel et neuropsychologique afin de pouvoir mesurer le fonctionnement de chaque processus visuo-spatial isolément et de pouvoir détecter la présence de troubles spécifiques.

CONCLUSION

Les enfants ayant présenté un épisode hypoxique à la naissance associé à une prématurité semblent présenter un profil de difficultés visuo-spatiales plus important que les deux autres groupes d'enfants présentant une hypoxie ou une prématurité isolés. Cet échantillon présente également une dissociation importante entre les performances visuelles et les performances verbales ce qui nous indique que les troubles chez ces enfants sont concentrés sur le versant visuel.

L'étude du profil des enfants présentant une lésion visible à l'IRM a permis de soulever l'hypothèse de l'existence de séquelles entraînant des troubles psychomoteurs, moteurs et/ou de la coordination visuo-motrice.

Les différentes corrélations significatives entre les épreuves soulèvent la question de savoir quels processus sont réellement testés par les différentes épreuves. En effet, selon les corrélations, certaines épreuves langagières se révèlent être avant tout des épreuves d'analyse visuelle, ce qui est par exemple le cas des épreuves de dénomination. Par ailleurs, dans le cadre du calcul du quotient intellectuel à l'aide du WISC, les épreuves évaluant l'efficience intellectuelle non verbale ne seront pas interprétables du fait de la présence d'un trouble neurovisuel qui perturbera la performance.

Il faudra donc être prudent dans le choix des épreuves proposées aux enfants car, en cas de troubles neurovisuels, les résultats obtenus peuvent être le reflet de ces derniers. Le diagnostic neuropsychologique ou orthophonique peut donc être biaisé.

Dans le champ de l'orthophonie, les résultats de ces études devraient donner des clés aux praticiens afin d'améliorer le dépistage précoce des troubles neurovisuels et de mieux en tenir compte dans leurs prises en charge.

La population des enfants présentant ce type d'antécédents périnataux est en effet fréquemment rencontrée en orthophonie et présente un ensemble de troubles et de plaintes

diffuses. On constate dans ces études qu'ils peuvent retentir sur les différents domaines d'apprentissages et sur les processus qui les sous-tendent.

Pour cette population d'enfants, l'échec à un ensemble de tests ayant une composante neurovisuelle ou l'absence d'un profil d'échec évident aux tests orthophoniques doit permettre à l'orthophoniste de s'interroger sur d'éventuels troubles neurovisuels et donc de faire une demande de bilan complémentaire. Le recueil des données anamnestiques concernant les conditions de naissance (hypoxie et/ou prématurité) jouera alors un rôle important dans l'orientation du diagnostic. Ce bilan complémentaire se composera d'un bilan neurovisuel, mais il sera également important de faire passer à certains enfants un bilan neuropsychologique complet puisque, dans certains cas, les troubles neuropsychologiques intéressent la cognition visuelle, spatiale et attentionnelle mais également le versant visuo-moteur, praxique et verbal.

En orthophonie, il est important de connaître la présence du trouble neurovisuel puisque toutes les sphères cognitives (vision, langage, fonctions exécutives, etc.) interagissent.

Tous ces éléments devraient aider l'orthophoniste dans l'élaboration d'un plan de rééducation adapté et dans le choix du matériel le plus approprié.

BIBLIOGRAPHIE

1- Achenbach, T. M. (1991). *Manual for Child Behavior Checklist/ 4-18 and 1991 Profile*. Burlington, VT: University of Vermont, Dept. of Psychiatry.

2- Amiel-Tison, C. (2005). *Neurologie périnatale*. Paris : Masson. (3ème éd.)

3- Amiel-Tison, C. & Gosselin, J. (2010). *Pathologie neurologique périnatale et ses conséquences*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 290 p. (chap.14)

4- Andrès, P. (2003). Frontal cortex as the central executive of working memory: time to revise our view. *Cortex*, 39(4-5), 871-895.

5- Anthonioz, C., Loisel, D., Delorme, B., Pasco-Papon, A., Aube, C. & Caron C. (2006) Aspects IRM de l'encéphalopathie anoxo-ischémique du nouveau-né à terme et du prématuré. *Journal de Radiologie*, 87(11), 1651-1670.

6- Arents, A., Berger Martinet, A., Blanc, S., Niessen, F. (2012). Evaluation ophtalmo-pédiatrique et orthoptique de l'enfant dyspraxique. *Journal Français d'Ophtalmologie*, 35(9), 651-660.

7- Bartolomeo, P. & Chokron, S. (2001) Unilateral neglect: the effect of competing stimuli on estimated line length. *Brain and Cognition*, 46(1-2), 34-38.

8- Béguet, M. & Albaret, J.-M. (1998). Etalonnage du Purdue Pegboard sur une population d'enfants de 6 à 10 ans. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 46, 19-25.

9- Billard, C., De Villèle, A., Sallée A.-S. & Delteil-Pinton, F. (2013). Interprétation du dépistage sensoriel dans les troubles des apprentissages ?. *Archives de pédiatrie*, 20(1), 103-110.

10- Biotti, D., Pisella, L. & Vighetto, A. (2012). Syndrome de Balint et fonctions spatiales du lobe pariétal. *Revue Neurologique*, 168(10), 741-753.

11- Bisiach, E. & Luzzatti, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 14(1), 129-133.

12- Bloch, H., Lequien, P. & Provasi, J. (2003). *L'enfant prématuré*. Paris : Armand Colin, 199 p.

13- Bonnelle, M. (2002). *La dyslexie en médecine de l'enfant*. Marseille : Solal, 221 p.

14- Bouillet, L., Campello, M., Mathy, F., Ropers, G., Ballot, A. & Amsallem, D. (2011). *Proposition d'une batterie d'épreuves contribuant au dépistage des Troubles Déficitaires de l'Attention avec Hyperactivité (TDA/H)*. Poster presented by L. Bouillet at the 21e Congrès de la Société Francaise de Neurologie Pédiatrique. Lyon, France.

15- Burgess, N., Maguire, E.A. & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35, 625-641.

16- Busigny, T., Graf, M., Mayer, E. & Rossion, B. (2010). Acquired prosopagnosia as a face-specific disorder: Ruling out the general visual similarity account. *Neuropsychologia*, 48(7), 2051-2067.

17- Cavézian, C. & Chokron, S. (2010) Troubles neurovisuels et troubles des apprentissages. Poster presented by C. Cavézian at Les entretiens de Bichat en Orthophonie. Paris, France.

18- Cavézian, C., Vilayphonh, M., de Agostini, M., Vasseur, V., Watier, L., Kazandjian, S., Laloum, L. & Chokron, S. (2010). Assessment of visuo-attentional abilities in young children with or without visual disorder: Toward a systematic screening in the general population. *Research in Developmental Disabilities*, 31(5), 1102-1108.

19- Chabernaud, J.-L. (2005). Réanimation du nouveau-né en salle de naissance. *EMC-Médecine*, 2(5), 554-569.

20- Chokron, S. (2004). Sémiologie des troubles neurovisuels d'origine centrale. *Neurologies*, 56, 530-535.

21- Chokron, S. (2006). Devant une plainte visuelle… Pourquoi, quand et comment évoquer une atteinte centrale ? *Neurologies*, 87(9), 398-401.

22- Chokron, S. (2011). Troubles neurovisuels chez l'enfant : sémiologie et dépistage. *Réalités ophtalmologiques*, 188, 1-4.

23- Chokron, S. (2013a). Prise en charge neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. In T. Rousseau (Ed.) *Traité de Rééducation Orthophonique et Neuropsychologique*, Unadreo, in press.

24- Chokron, S. (2013b). La cécité corticale: aspects neurophysiologiques, neuro-ophtalmologiques et neuropsychologiques. *EMC- Ophtalmologie*, 21-545-A-10.

25- Chokron, S., Bartolome,o P. & Siéroff, E. (2008). La négligence spatiale unilatérale : trente ans de recherches, de découvertes, d'espoirs et (surtout) de questions. *Revue Neurologique*, 164(3), 134-142.

26- Chokron, S. & Cavézian, C. (2011). De la négligence spatiale unilatérale aux 'dys'… In: Y. Martin, G. Rode & P. Azouvi (Eds.) *Les syndromes de Négligence* (pp.69-86). Marseille : Solal.

27- Chokron, S., Cavézian, C. & de Agostini, M. (2010). Troubles neurovisuels chez l'enfant : Sémiologie, retentissement sur les apprentissages et dépistage. *Développements*, 3(6), 17-25.

28- Chokron, S. & Démonet, J.-F. (2010). *Approche Neuropsychologique des troubles des apprentissages*. Marseille: Solal, 381p.

29- Chokron, S. & Gaudry, I. (2010). Rééducation neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. In S. Adam, P. Allain, G. Aubin & F. Coyette (Eds.), *Actualités en rééducation Neuropsychologique: études de cas.* Marseille : Solal.

30- Chokron, S. & Marendaz, C. (2010). *Comment voyons-nous ?* Paris : Le Pommier, 64 p.

31- Dalens, H., Solé, M. & Neyrial, M. (2006). Les pathologies neuro-visuelles chez l'enfant cérébrolésé. *Journal Français d'Ophtalmologie*, 29(1), 24-31.

32- D'Angelo, E. & Casali, S. (2013). Seeking a unified framework for cerebellar function and dysfunction: from circuit operations to cognition. *Frontiers in Neural Circuits*, 6(116), 1-23.

33- De Agostini, M. & Dellatolas, G., (1988). Une épreuve simple pour évaluer la préférence manuelle chez l'enfant à partir de 3 ans. *Enfance*, 41(3-4), 139-147.

34- Delmas, V., Brémond-Gignac, D., Clément, O., Douard, R., Dupont, S., Latrémouille, C., Le Minor, J.-M., Pirró, N., Sèbe, P., Vacher, C. & Yiou, R. (2011). *UE5 Organisation des appareils et des systèmes : Aspects morphologiques et fonctionnels*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 354 p.

35- Deschamps, R. & Moulignier, A. (2005). La mémoire et ses troubles. *EMC-Neurologie*, 2(4), 505-525.

36- Deslandre, E., Lefèbvre, G., Girard, C., Lemarchand, M. & Mimouni A, (2004). Evaluation neuropsychologique - Les fonctions exécutives. *Neurologie, Psychiatrie, Gériatrie*, 4(19), 8-10.

37- Doret, M., Constans, A. & Gaucherand, P. (2010). Bases physiologiques de l'analyse du rythme cardiaque fœtal au cours du travail. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 39(4), 276-283.

38- Durnian, J.M., Cheeseman, R., Kumar, A., Raja, V., Newman, W. & Chandna, A. (2010). Childhood sight impairment: a 10-year picture. *Eye*, 24(1), 112-117.

39- Dutton, G.N. (2011). Structured history taking to characterize visual dysfunction and plan optimal habilitation for children with cerebral visual impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(5), 389–393.

40- Favre, D. (2010). *Cessons de démotiver les élèves : 18 clés pour favoriser l'apprentissage*. Paris: Dunod, 192 p.

41- Fazzi, E., Bova, S.M., Uggetti, C., Signorini, S.G., Bianchi, P.E., Maraucci, I., Zoppello M. & Lanzi G. (2004). Visual–perceptual impairment in children with periventricular leukomalacia. *Brain and Development*, 26(8), 506-512.

42- Fazzi, E., Signorini, S.G., Bova, S.M., La Piana, R., Ondei, P., Bertone, C., Misefari, W. & Bianchi P.E. (2007). Spectrum of visual disorders in children with cerebral visual impairment. *Journal of Child Neurology,* 22(3), 294-301.

43- Felten, D.L. & Shetty, A.N. (2011). *Atlas de neurosciences humaines de Netter - Neuroanatomie : Neurophysiologie*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 433 p. (2ème éd.).

44- Flament, J. (2002). *Ophtalmologie : Pathologie du système visuel*. Paris : Masson, 358 p.

45- Gaudry, I., Perez, C., Cavézian, C., Vilayphonh, M. & Chokron, S. (2010). Dyspraxies et troubles neurovisuels. In S. Chokron & J.-F. Démonet (Eds), *Approche Neuropsychologique des troubles des apprentissages* (pp.296-313). Marseille : Solal.

46- Gauthier, L., Dehaut, F. & Joanette, Y. (1989). The Bells Test: A quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11(2), 49-54.

47- Gil, R., Pluchon, C., Toullat, G., Micheneau, D., Rogez, R. & Lefèvre J.P. (1985). Disconnexion visuo-verbale (aphasie optique) pour les objets, les images, les couleurs et les visages avec alexie « abstractive ». *Neuropsychologia*, 23(3), 333-349.

48- Gioia, G.A., Isquith, P.K., Guy, S.C. & Kenworthy, L. (2000). Test review : Behavior Rating Inventory of Executive Function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235-238.

49- Girard, N., Chaumoitre, K., Millet, V., Gire, C., Boubred, F., Lacroze, V., Figarella-Branger, D., Raybaud, C. & Panuel M. (2003). Imagerie des désordres neurologiques néonataux. *Journal de la Radiologie*, 84(5), 547-578.

50- Godefroy, O., Jeannerod, M., Allain, P. & Le Gall, D. (2008). Lobe frontal, fonctions exécutives et contrôle cognitif. *Revue Neurologique*, 164(3), 119-127.

51- Good, W.V., Jan, J.E., Burden, S.K., Skoczenski, A. & Candy, R. (2001) Recent advances in cortical visual impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(1), 56-60.

52- Hécaen, H., Goldblum, M.C., Masure, M.C. & Ramier, A.M., (1974). Une nouvelle observation d'agnosie d'objet. Déficit de l'association ou de la catégorisation, spécifique de la modalité visuelle ? *Neuropsychologia*, 12(4), 447-464.

53- Hoyt, C.S. (2003). Visual function in the brain-damaged child. Eye, 17(3), 369-384.

54- Hubel D. (1994). *L'œil, le cerveau et la vision : Les étapes cérébrales du traitement visuel*. Paris : Pour la Science, 240 p.

55- Huo, R., Burden, S.K., Hoyt, C.S. & Good, W.V. (1999). Chronic cortical visual impairment in children : aetiology, prognosis and associated neurological deficits. *The British journal of ophthalmology*, 83(6), 670-675.

56- Jacquier-Roux, M., Valdois, S. & Zorman, M. (2005). Odédys : Outil de dépistage des dyslexies Version 2. Grenoble : Cogni-Sciences.

57- Kaufman, A.S. & Kaufman, N.L. (2008). *K-ABC-II : Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant, deuxième édition*. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

58- Kerkhoff, G., Münssinger, U. & Meier, E.K. (1994). Neurovisual rehabilitation in cerebral blindness. *Archives of neurology*. 51(5), 474–81.

59- Khetpal, V. & Donahue, S.P. (2007). Cortical visual impairment: Etiology, associated findings, and prognosis in a tertiary care setting. *Journal of AAPOS*, 11(3), 235-239.

60- Korkman, M., Kirk, U. & Kemp, S. (2005). *Bilan neuropsychologique de l'enfant (NEPSY)*. Paris, Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

61- Kozeis, N. (2010). Brain visual impairment in childhood : mini review. *Hippokratia*, 14(4), 249-251.

62- Lacert P. (1989). Informations et espaces visuels. Sémiologie. Ontogenèse. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 32(5) : 523-37.

63- Larmande, P., Larmande, A., Belin, C., Gaymard, B., Larmande, J. & Velut S. (1989). Abrégé de neuro-ophtalmologie. Paris : Masson, 250 p.

64- Lefavrais, P. (1967). *Manuel du test de l'Alouette : test d'analyse de la lecture et de la dyslexie*. Paris : ECPA.

65- Leff, A.P., Spitsyna, G., Plant, G.T. & Wise, R.J. (2006). Structural anatomy of pure and hemianopic alexia. *Journal of neurology, neurosurgery, & psychiatry*, 77(9), 1004-1007.

66- Leroy-Malherbe, V., Laurent-Vannier, A., Brugel, D.G. & Urtizberea, J.A. (2002). Quoi de neuf en rééducation neurologique infantile ? *Archives de Pédiatrie*, 9(1), 70-77.

67- McFarland D.H. (2009). *L'anatomie en orthophonie*. Paris : Elsevier Masson, 268 p. (2ème éd.)

68- Marret, S. (2003). Physiopathology of periventricular leukomalacia. *Revue médicale de Bruxelles*, 24(5), 416-419.

69- Marret, S., Zupan, V., Gressens, P., Lagercrantz, H. & Evrard P. (1998). Les leucomalacies périventriculaires. I. Aspects histologiques et éthiopathogéniques. *Archives de Pédiatrie*, 5(5), 525-537.

70- Maruff, P., Hay, D., Malone, V. & Currie, J. (1995). Asymmetries in the covert orienting of visual spatial attention in schizophrenia. *Neuropsychologia*, 33(10), 1205-1223.

71- Mazeau, M. (1995). *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant atteint de lésions cérébrales précoces - Du trouble à la rééducation*. Paris : Masson, 166 p.

72- Mazeau, M. (1997). Les fonctions practo-gnosiques : Répercussions sur les apprentissages chez l'enfant. *A.N.A.E*, 9(3), 112-115.

73- Mazeau, M. (1999). Aspects cliniques des dyscalculies chez l'enfant. *Rééducation orthophonique*, 37(199), 113-129.

74- Mazeau, M. (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : du symptôme à la rééducation*. Paris : Masson, 286p.

75- Mazeau, M. (2008). *Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 281p. (2ème éd.)

76- Mazeau, M. (2010). Les dyspraxies : points de repères. *Archives de Pédiatrie*, 17(3), 314-318.

77- Mazeau, M. & Le Lostec, C. (2010). *L'enfant dyspraxique et les apprentissages : coordonner les actions thérapeutiques et scolaires*. Issy-les Moulineaux : Elsevier Masson, 202p.

78- Mazeau, M., Meurant, A., Le Lostec, C. & Jouy, M.-O. (2004). Les troubles de la reconnaissance des images chez l'enfant IMC : Intérêt du protocole Ducarne (à partir de 25 cas). *Motricité cérébrale*, 25(1), 31-45.

79- Meulemans, T., Desgranges, B., Adam, S. & Eustache, F. (2003). *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques*. Marseille : Solal, 425p.

80- Michel, F. (2008). L'alexie sans agraphie : un déficit exemplaire, choyé par les neuropsychologues. *Revue neurologique*, 164(3), 73-76.

81- Miri, I., Dziri, C., Ben Salah, F.Z. & Lebib, S. (2004). Troubles neurovisuels de l'enfant IMC ; évaluation et prise en charge. *Journal de réadaptation médicale*, 24(1-2), 51-53.

82- Nehmad, L. (1998). The End in sight: a look at the occipital lobe. *Clinical Eye and Vision Care*, 10(3), 125-133.

83- Noël, M.-P. (2007). *Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Wavre : Mardaga, 320p.

84- Pillon, B., Dubois, B., Bonnet, A. M., Esteguy, M., Guimaraes, J., Vigouret, J. M., Lhermitte, F. & Agid, Y. (1989). Cognitive slowing in Parkinson's disease falls to respond to levodopa treatment: The 15-objects test. *Neurology*, 39, 762-768.

85- Pisella, L., Ota, H., Vighetto, A. & Rosseti, Y. (2008). Optic Ataxia and Balint's syndrome: neuropsychological and neurophysiological prospects. *Handbook of Clinical Neurology*, 88, 393-415.

86- Plaisant, F., Dommergues, M.A., Debillon, T. & Gressens, P. (2005). Leucomalacie périventriculaire : physiopathologie et rôle du syndrome inflammatoire fœtal. *Archives de Pédiatrie*, 12(6), 734-736.

87- Potet, A., Badois-Roux, C., Caron, E., Galland, A., Bruguière, P., Challe, G. & Pradat-Diehl, P. (2012). Cécité cérébrale : évolution et prise en charge en médecine physique et de réadaptation. *Revue Neurologique*, 168(2), 101-102.

88- Pouget, M.-C., Lévy-Bencheton, D., Prost, M., Tilikete, C., Husain, M. & Jacquin-Courtois, S. (2012). Acquired visual field defects rehabilitation: critical review and perspectives. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(1), 53-74.

89- Robertson, C.M., Watt, M.J. & Dinu, I.A. (2009). Outcomes for the extremely premature infant: what is new? And where are we going? *Pediatric Neurology*, 40(3), 189-196.

90- Staiman, K.E. (1998). Insights into temporal lobe function and its relationship to the visual system. *Clinical Eye and Vision Care*, 10(3), 119-124.

91- Stiers, P., Van den Hout, B.M., Haers, M., Vanderkelen, R., de Vries, L.S., Van Nieuwenhuizen, O. & Vandenbussche, E. (2001) The variety of visual perceptual impairments in pre-school children with perinatal brain damage. *Brain and Development*, 23(5), 333-348.

92- Strick, P.L., Dum, R.P. & Fiez, J.A. (2009). Cerebellum and Nonmotor Function. *Annual Review of Neuroscience*, 32, 413-434.

93- Thine-Coussié, A. (2012). *Étalonnage du test de la Figure Complexe de Rey auprès de la population 20-39 ans.* (Mémoire en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste, Université Victor Segalen, Bordeaux).

94- Tzavaras, A., Hécaen, H. & Le Bras, H., (1970). Le problème de la spécificité du déficit de la reconnaissance du visage humain lors des lésions hémisphériques unilatérales. *Neuropsychologia*, 8(4), 403-416.

95- Vaivre-Douret, L. (2007). Troubles d'apprentissage non verbal : les dyspraxies développementales. *Archives de pédiatrie*, 14(11), 1341-1349.

96- Vecera, S.P. (2002). Dissociating « what » and « how » in visual form agnosia : a computational investigation. Neuropsychologia, 40(2), 187-204.

97- Vibert, J.-F., Sebille, A., Lavallard-Rousseau, M.-C., Boureau, F. & Mazières L. (2011). *Neurophysiologie : De la physiologie à l'exploration fonctionnelle*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 256 p. (2ème éd.)

98- Vilayphonh, M., Cavézian, C., Laloum, L., De Agostini, M., Watier, L., Vasseur, V. & Chokron, S. (2009). Evaluation des troubles visuo-attentionnels chez l'enfant de quatre à six ans. *Revue de Neuropsychologie*, 1(2), 110-119.

99- Vitte, E. & Chevallier, J.-M. (2008). *Anatomie : 4 : Neuro-anatomie*. Paris : Flammarion Médecine-Sciences, 250p.

100- Volpe, J.J. (1997). Brain injury in the premature infant-from pathogenesis to prevention. *Brain & Development*, 19(8), 519-534.

101- Wallon, P. & Mesmin, C. (2009). *Figures complexes de Rey A et B : guide d'utilisation et d'interprétation.* Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

102- Wilson, B.A., Alderman, N., Burgess, P.W., Emslie, H. & Evans, J.J. (2003). Behavioural assessment of the dysexecutive syndrome (BADS). *Journal of Occupational Psychology, Employment and Disability*, 5(2), 33-37.

103- Zupan, V., Boithias, C., Razafimahefa, H. & Lamboley, G. (2001). Encéphalopathie anoxique du nouveau-né à terme et hypothermie cérébrale. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la reproduction*, 30(1), 85-88.

Sites internet :

A- « Le cerveau à tous les niveaux » (Institut de Recherche en Santé du Canada) http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_cr/d_02_cr_vis/d_02_cr_vis.html

B- Les naissances prématurées. (2012) Aide-mémoire N°363. OMS. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs363/fr/index.html

C- Prématurité : un monde à explorer. 2012. INSERM. http://www.inserm.fr/thematiques/biologie-cellulaire-developpement-et-evolution/dossiers-d-information/prematurite

ANNEXES

ANNEXE 1 : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves ayant une composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Bilan neurovisuel							
	Figures enchevêtrées Pillon (/15)	Barrage des cloches (DS)	Dénomination B. Ducarne (/25)	Précision visuo-motrice (DS)	Flèches	Schéma corporel et latéralisation (/7)	Praxies (/16)	Imagerie mentale (/6)
1	14	0,30	24	**-1,67**	0,00	**3**	14	6
2	15	-0,19	**20**	-0,33	0,67	0	16	6
3	13	0,79	23	-1,00	-1,00	7	16	6
4	15	0,58	24	**-2,00**	-1,33	7	16	6
5	**4**	**-2,20**	**8**	**-3,00**	-1,33	7	**11**	6
6	14	0,29	22	2,00	1,67	7	16	6
7	15	0,84	25	0,67	-1,33	7	16	6
8	12	**-2,57**	23	-0,67	1,00	7	14	4
9	11	**-3,04**	22	-1,00	-1,00	7	15	6
10	15	0,29	23	-0,67	-0,33	7	15	6
11	12	-1,00	23	**-2,00**	0,00	7	16	4
12	13	**-4,24**	22	**-2,33**	**-2,00**	**3**	**11**	**3**
13	14	-0,19	**19**	**-2,67**	-1,33	7	13	**3**
14	15	1,24	21	-1,00	-0,33	**2**	13	6
15	15	-1,26	22	**-2,33**	0,67	7	16	6
16	11	-1,00	24	-0,33	**-1,67**	7	16	6
17	15	0,10	22	**-2,00**	-1,00	7	16	6
18	14	-1,38	25	**-2,33**	0,67	7	14	6
19	14	-0,73	25	-0,33	-1,00	7	16	6
20	14	-0,73	23	-0,67	1,00	7	16	6
21	15	**-2,20**	**20**	-0,33	**-1,67**	7	14	5
22	12	-0,73	24	-0,33	0,00	6	16	6
23	15	1,37	24	**-2,00**	0,00	7	16	6
24	13	0,73	24	0,33	0,67	7	16	6
25	15	-0,50	24	0,33	0,00	7	16	6
26	14	-0,97	25	0,00	-1,33	7	16	6
n	26	26	26	26	26	26	26	26
Moyenne	13,42	-0,63	22,35	-0,99	-0,40	6,19	15	5,58
Ety	2,32	1,38	3,35	1,19	1,00	0,00	1,55	0,95
n Echec	1	5	1	10	3	3	2	2
% Echec	3,85	19,23	3,85	38,46	11,54	11,54	7,69	7,69

<u>ANNEXE 2</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves ayant une composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Epreuves langagières								
	Dénomination {K-ABC-2} (DS)	Alouette-R TL (DS)	Alouette-R M (DS)	Alouette-R E(DS)	Alouette-R C (DS)	Alouette-R CM (DS)	Alouette-R CTL (DS)	Dictée mots réguliers {ODEDYS-2} (DS)	Dictée mots irréguliers {ODEDYS-2} (DS)
1	1,00	-0,50	1,00	0,67	0,88	0,09	0,77	-0,44	**-1,71**
2	-1,00	0,00	-0,12	-0,40	-0,08	0,34	-0,08	**-1,74**	-0,71
3	-1,00	0,92	-0,32	0,71	-0,40	-0,39	-0,72	0,80	**-3,10**
4	2,67	-0,50	1,02	0,00	0,97	0,35	0,84	0,67	-0,53
5	**-2,33**	0,50	-1,03	-1,00	-0,92	0,52	-0,88	-0,36	0,59
6	0,67	**-2,19**	1,02	-0,50	1,02	0,54	1,58	-0,44	0,06
7	0,00	0,92	**-1,79**	1,00	**-1,79**	-1,22	-1,40	**-3,00**	**-4,47**
8	-0,67	0,00	-1,61	-0,40	-1,59	**-2,31**	-1,59	**-3,84**	-1,07
9	-1,33	0,00	**-1,98**	**-2,00**	**-1,78**	-1,06	**-1,78**		
10	0,33	0,00	-0,10	4,20	-0,60	**-2,00**	-0,40	**-1,70**	-1,10
11	-0,67	**-1,75**	1,07	-0,83	1,14	0,99	1,40	1,07	1,95
12	-0,67	0,92	**-4,13**	0,86	**-3,88**	**-3,57**	**-2,42**	-1,07	**-2,14**
13	**-2,33**	0,50	0,70	0,30	0,70	0,23	0,40	0,36	-1,23
14	-0,33	-0,50	-1,00	3,67	-1,36	**-4,33**	-1,23	**-1,79**	**-1,68**
15	-0,33	0,68	0,37	1,57	0,07	-0,82	-0,39	-1,56	**-2,29**
16	0,00	0,00	0,00	-1,00	-1,42	0,68	0,06	-0,68	-1,43
17	0,00	0,92	-1,18	2,14	-1,43	**-1,96**	-1,22	-0,44	**-2,88**
18	2,00	0,50	**-2,05**	-0,50	**-1,97**	-1,26	**-1,73**	-0,68	-0,36
19	0,00	0,70	0,00	0,46	0,43	0,15	-0,30	**-4,33**	**-2,30**
20	0,00	0,00	-1,44	-1,20	-1,32	-0,46	-1,32	-1,40	**-3,30**
21	0,67	0,50	**-1,70**	3,33	-1,59	**-2,94**	-1,37	**-3,93**	**-2,59**
22	-1,33	0,50	0,02	-0,83	0,10	0,76	-0,05	-1,56	-1,12
23	-0,33	1,22	0,27	-0,60	0,32	0,42	-0,50	-1,12	-0,44
24	1,00	0,90	**-2,90**	0,70	**-2,80**	**-1,70**	**-1,80**	-0,50	**-2,50**
25	-0,67	0,52	0,48	-1,00	0,63	0,96	-0,30	-1,30	-0,33
26	0,67	0,92	**-2,24**	0,00	**-2,02**	-0,36	-1,51	-0,50	**-2,47**
n	26	26	26	26	26	26	26	25	25
Moyenne	-0,15	0,22	-0,68	0,36	-0,72	-0,71	-0,61	-1,18	-1,49
Ety	1,14	0,81	1,36	1,55	1,31	1,45	1,04	1,41	1,38
n Echec	2	2	7	1	6	7	4	7	12
% Echec	7,69%	7,69%	26,92%	3,85%	23,08%	26,92%	15,38%	28,00%	48,00%

<u>ANNEXE 3</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves ayant une composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Mémoire - Encodage						Mémoire de travail	Attention
	Loca de pts {CMS} Apprentissage (DS)	Loca de pts {CMS} Rappel immédiat (DS)	Loca de pts {CMS} Note totale (DS)	Loca de pts {CMS} Rappel différé (DS)	Figure de Rey - Copie (DS)	Figure de Rey - Rappel (DS)	Code (DS)	Symboles (DS)
1	-1,33	-1,33	**-1,67**	-0,33	**-4,11**	**-2,57**	-0,33	-0,67
2	1,00	0,67	1,33	0,67	0,40	-0,16	-0,33	-0,67
3	0,33	1,00	0,33	-0,33	0,00	0,36	-0,33	-0,33
4	0,33	1,00	0,67	1,33	**-2,63**	-1,57	-1,00	-1,00
5	-1,00	0,67	-0,67	0,67	-0,65	-1,63	**-3,00**	-1,33
6	0,67	1,00	1,00	1,33	-0,59	2,29	0,33	-0,33
7	1,67	1,00	1,67	-0,33	**-3,50**	**-3,00**	-1,33	-0,33
8	0,67	0,00	0,33	0,33	-0,80	**-2,35**	-0,67	0,00
9	0,67	0,67	0,67	0,67	**-2,70**		-1,00	-1,33
10	-1,00	-0,33	-0,67	-0,33	**-2,58**	**-2,91**	**-3,00**	0,00
11	0,67	0,67	1,00	0,67	**-3,88**		-0,33	0,33
12	**-1,67**	**-2,33**	**-2,00**	**-1,67**	**-5,96**	**-4,53**	**-2,00**	**-1,67**
13	**-1,67**	-1,33	**-2,00**	**-1,67**	**-3,40**	**-2,41**	**-2,00**	-1,00
14	-0,67	-0,67	-0,67	-0,67	**-3,40**	**-2,10**	-0,67	0,00
15	**-2,00**	**-2,33**	**-2,33**	-0,33	**-4,80**	**-3,60**	**-3,00**	-1,00
16	**-2,00**	**-1,67**	**-2,00**	**-2,00**	0,00		**-2,33**	-0,67
17	-1,33	-1,33	**-1,67**	-1,00	**-3,08**	**-1,72**	-1,00	-0,33
18	-1,33	-0,67	-1,00	-0,67	**-3,76**	**-2,12**	**-2,33**	-0,67
19	**-2,33**	**-2,33**	**-2,33**	**-2,00**	**-6,19**	**-2,65**	**-2,33**	**-1,67**
20	-1,33	-0,33	-1,00	-1,33	0,12	0,28	0,67	-0,67
21	0,33	**-2,33**	-0,67	**-1,67**	**-3,52**	**-1,73**	-0,67	0,00
22	0,33	-1,00	0,00	**-2,33**	**-2,81**	-1,00	**-2,67**	**-2,33**
23	-0,67	-1,00	-0,67	0,67	**-2,00**	0,00	-0,67	-1,00
24	0,33	1,00	0,33	0,67	0,70	1,69	-1,33	0,67
25	1,33	0,67	1,00	0,67	0,15	-0,31	-0,33	-0,33
26	-0,33	-1,33	-0,67	-0,33	**-5,38**	-1,12	**-1,67**	0,00
n	26	26	26	26	26	23	26	26
Moyenne	-0,40	-0,46	-0,45	-0,36	**-2,48**	-1,43	-1,28	-0,63
Ety	1,15	1,21	1,21	1,09	2,05	1,65	1,06	0,68
n Echec	5	5	7	6	17	12	10	3
% Echec	19,23%	19,23%	26,92%	23,08%	65,38%	52,17%	38,46%	11,54%

<u>ANNEXE 4</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves ayant une composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Flexibilité - Inhibition		Raisonnement				
	Mondes contraires {TEA-Ch} Endroit (DS)	Mondes contraires {TEA-Ch} Envers (DS)	Cubes (DS)	Matrices (DS)	Identification de concepts (DS)	Complétement d'images (DS)	Key Search Test {BADS-C} (DS)
1	0,33	0,33	**-3,00**	-0,33	0,33	-1,33	-1,33
2	-1,33	**-2,00**	-0,67	-0,33	0,00		-1,33
3	-0,33	0,00	**-2,33**	-0,33	-0,67	0,67	-0,67
4	0,67	-0,33	**-3,00**	-0,33	0,67	-0,33	-0,33
5	**-3,00**	**-3,00**	-0,33	-1,33	**-2,00**	**-2,67**	-1,33
6	-0,67	**-1,67**	0,00	1,33	1,00	0,67	0,00
7	-0,67	**-1,67**	**-2,00**	-1,33	0,00	**-1,67**	-1,33
8	-0,33	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,33
9	**-2,33**	**-2,00**	**-2,67**	0,33	0,33	**-2,00**	0,00
10	0,00	-0,33	0,00	0,00	0,33	-1,00	-1,33
11	1,33	-0,33	**-2,33**	0,67	-0,67	-0,33	0,00
12	-1,00	**-2,67**	**-2,33**	**-3,00**	-1,00	**-2,67**	-0,67
13	-0,67	**-1,67**	**-2,67**	**-3,00**	**-2,00**	**-1,67**	**-2,33**
14	-1,00	-1,33	-1,33	-1,33	0,33	**-1,67**	-1,33
15	-1,33	-1,33	**-3,00**	-1,00	1,67	-0,33	-0,33
16	**-1,67**	**-2,00**	-0,67	**-1,67**	-0,67	**-2,00**	0,00
17	-1,00	**-2,33**	**-3,00**	-0,67	-1,33	-1,00	-0,33
18	-1,33	**-2,00**	-1,33	**-2,33**	-0,33	1,33	0,00
19	-0,67	**-2,67**	**-1,67**	-1,00	-0,33	**-2,67**	-1,00
20	-1,00	-0,67	0,67	1,00	0,33	0,67	0,00
21	-0,33	**-1,67**	-0,33	1,33	0,00	0,67	0,00
22	0,00	-0,33	-1,33	**-2,00**	0,00	-1,33	**-2,33**
23	-0,33	-0,67	**-2,00**	-0,67	0,00	-0,33	-1,00
24	-0,67	0,00	-1,33	-0,67	0,00	-0,33	-0,33
25	-0,33	-1,00	-0,67	-1,00			**-3,33**
26	-0,33	-0,33	**-2,33**	-0,67	**-2,67**	-0,33	-0,67
n	26	26	26	26	25	24	26
Moyenne	-0,69	-1,18	-1,53	-0,71	-0,23	-0,82	-0,87
Ety	0,88	1,03	1,12	1,15	1,00	1,17	0,86
n Echec	3	12	13	5	3	8	3
% Echec	11,54%	46,15%	50,00%	19,23%	12,00%	33,33%	11,54%

<u>ANNEXE 5</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves ayant une composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Praxies - motricité fine					
	Imitation de positions de mains {NEPSY} (DS)	Imitation de positions de mains {NEPSY} m.d (DS)	Imitation de positions de mains {NEPSY} m.non-d (DS)	Purdue Pegboard Main dominante (DS)	Purdue Pegboard Main non-dominante (DS)	Purdue Pegboard Bimanuel (DS)
1	-1,33	-1,16	-1,40	**-3,32**	-1,00	**-2,41**
2	-0,67	-1,22	-0,44			
3	-1,00	-1,00	-1,10	**-1,80**	0,30	**-2,30**
4	-0,33	0,05	-0,71	-1,03	-0,44	**-1,78**
5	**-3,00**	**-4,88**	**-4,10**	**-4,34**	**-4,87**	**-3,62**
6	-0,67	-0,55	-0,71	0,60	-0,35	-0,45
7			-1,10			
8	0,33	0,38	0,05	-1,21	-0,10	-1,45
9	0,67	-0,65	-1,38	**-3,11**	**-2,35**	**-2,60**
10	0,00	-0,65	0,03	-0,60	-0,70	-1,50
11	**-2,00**	**-4,06**	**-1,85**	-1,49	**-2,05**	-1,09
12	**-3,00**	**-6,87**	**-8,86**	**-2,36**	**-2,88**	**-2,60**
13	**-2,33**	**-2,90**	**-4,10**	**-2,41**	-1,57	**-1,74**
14	**-1,67**	**-2,94**	-0,98			
15	**-1,67**	**-4,37**	-0,24	**-2,36**	**-2,88**	**-1,97**
16	-1,00	-0,65	-0,91	**-1,78**	**-1,80**	**-2,72**
17	-0,67	-1,03	-0,24	**-2,40**	**-2,15**	**-1,67**
18	**-2,00**	**-2,92**	**-2,32**	**-2,63**	**-3,18**	**-4,25**
19	-1,33	-1,03	**-1,97**			
20	0,33	0,49	0,03	**-2,06**	-0,96	-0,52
21	-1,33	**-1,65**	-1,6	**-3,11**	-0,48	**-1,89**
22	-0,67	-0,55	-0,71			
23	-1,00	-0,56	**-2,04**	**-3,16**	**-3,53**	**-3,75**
24	-0,33	-0,20	-0,24	**-2,80**	**-2,00**	**-2,10**
25	1,00	0,58	0,68			
26	-1,33	**-1,87**	-1,10	-1,63	1,07	-0,85
n	25	24	25	20	20	20
Moyenne	-1,00	-1,61	-1,43	**-2,15**	-1,60	**-2,06**
Ety	1,04	1,90	1,93	1,10	1,45	1,02
n Echec	7	8	7	14	10	14
% Echec	28,00%	33,33%	28,00%	70,00%	50,00%	70,00%

<u>ANNEXE 6</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves sans composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Epreuves langagières						Mémoire - Encodage			
	Vocabulaire (DS)	Similitudes (DS)	Information (DS)	Fluidité verbale {NEPSY} TOTAL (DS)	Fluidité verbale {NEPSY} Sémantique (DS)	Fluidité verbale {NEPSY} Phonémique (DS)	Liste de mots {CMS} Apprentissage (DS)	Liste de mots {CMS} Rappel différé (DS)	Liste de mots {CMS} Reconnaissance (DS)	Empan endroit (DS)
1	0,00	2,00	1,00	1,33	1,66	-0,21	1,33	1,67	1,00	-0,33
2	0,33	0,00	0,33	-0,67	-0,29	-0,92	0,67	1,33	**-3,00**	-0,70
3	-1,00	-0,67	-0,67	-0,33	0,34	-1,15	0,67	0,33	0,00	1,40
4	2,33	3,00	3,00	2,33	3,82	-0,21	1,00	0,33	0,33	-0,33
5	**-1,67**	-0,33	0,33	-1,33	-0,39	**-1,72**	1,67	1,67	0,67	-1,00
6	1,33	2,67	2,00	0,67	-0,21	1,16	2,00	1,67	0,00	-0,33
7	-0,67	-1,00	-0,67	-1,00	-0,36	**-1,82**	0,67	0,33	1,00	-1,60
8	-0,67	0,00	-0,67	-0,33	0,95	-1,47	-0,33	-0,33	**-2,33**	-1,30
9	-1,00	0,00	-0,67	1,00	1,10	-0,92	-0,33	-0,33	0,67	-0,70
10	0,33	0,33	-1,33	-0,67	-0,20	-1,50	0,33	0,00	0,67	-0,70
11	-0,67	0,00	-0,33	-1,33	-1,36	-0,98	1,67	1,67	-0,33	-0,70
12	0,00	0,33	**-2,00**	**-1,67**	-1,35	-1,65	-1,33	-1,33	-0,33	0,40
13	-1,00	0,00	-1,00	-0,33	0,40	-1,20	1,33	1,00	0,67	-1,00
14	-1,00	0,00	-0,67	0,67	0,58	0,13	-0,33	-0,33	**-3,00**	-1,00
15	1,67	2,67	1,00	1,33	2,60	-0,30	1,00	1,00	-0,67	0,40
16	1,00	0,67	0,00	-0,67	-0,76	-0,19	0,67	0,00	0,67	0,30
17	-0,67	0,33	**-1,67**	-1,33	-0,93	-1,48	0,00	0,67	-0,33	-1,60
18	0,67	2,67	0,00	1,67	2,67	-0,43	1,33	0,67	0,67	-1,00
19	-1,00	-0,33	0,00	1,67	2,43	0,21	0,33	1,67	1,00	0,45
20	1,00	0,67	0,33	-0,33	0,17	-0,56	0,33	0,33	0,33	-0,70
21	1,67	3,00	1,00	1,33	2,35	-0,24	0,00	0,67	0,67	-0,09
22	-0,33	1,00	**-1,67**	-0,33	-0,64	-0,55	1,00	0,67	0,33	0,82
23	**-2,00**	-0,67	**-2,00**	**-2,00**	-1,21	**-2,15**	0,67	-0,33	0,33	-0,45
24	-1,00	0,33	0,67	0,33	2,04	**-1,98**	1,00	0,33	-1,00	-1,60
25	**-2,00**	-1,00	-0,67				1,00	1,00	-0,33	-0,08
26	-0,67	-0,67	-0,67	0,33	1,61	-1,48	1,00	0,67	1,00	-1,60
n	26	26	26	25	24	24	26	26	26	26
Moyenne	-0,19	0,58	-0,19	0,01	0,53	-0,89	0,67	0,58	-0,05	-0,50
Ety	1,16	1,27	1,19	1,18	1,44	0,81	0,75	0,77	1,15	0,79
n Echec	3	0	4	2	0	4	0	0	3	0
% Echec	11,54%	0,00%	15,38%	8,00%	0,00%	16,67%	0,00%	0,00%	11,54%	0,00%

<u>ANNEXE 7</u> : scores individuels et scores moyens (en déviation standard) aux épreuves sans composante neurovisuelle (en rouge les scores pathologiques <-1,65 DS)

	Mémoire de travail			Attention	
	Empan envers (DS)	Mémoire des chiffres (DS)	Séquence lettres/chiffres (DS)	Coups de fusil {TEA-Ch} (DS)	Ecouter 2 choses à la fois {TEA-Ch} (DS)
1	-0,70	0,00	0,00	0,00	-0,33
2	-1,50	-1,00	-0,67	-1,00	**-2,33**
3	0,00	1,33	0,33	1,33	2,00
4	-0,70	-0,67	-0,67	-1,00	-0,33
5	-0,40	-0,67	0,33	1,67	**-1,67**
6	-0,70	-1,00	-1,00	-0,67	0,00
7	-1,00	**-2,00**	**-2,67**	**-2,00**	**-2,33**
8	0,50	-1,33	0,00	-1,00	-1,33
9	1,00	-0,67	0,33	**-2,67**	
10	-1,50	-1,33	-0,33	**-2,00**	-0,67
11	2,25	0,67	-0,67		
12	**-2,00**	-1,33	**-3,00**	1,00	-1,33
13	-0,40	**-1,67**	-1,33	-1,33	**-2,33**
14	-0,40	-1,33	-0,33	-1,33	**-1,67**
15	-1,00	-1,00	0,33	**-2,67**	-1,00
16	-1,50	-1,00	0,00	-0,33	**-2,00**
17	-1,00	**-1,67**	-1,33	-1,33	-0,67
18	-0,40	**-1,67**	-1,33	-0,67	-0,33
19	-1,00	-1,00	0,00	-1,00	-0,67
20	1,00	0,67	0,33	0,00	**-2,00**
21	0,60	0,33	-0,33	-0,33	-1,00
22	0,60	-0,33	0,00	-1,00	-0,33
23	-1,00	-1,00	-0,67	0,00	0,33
24	0,00	-1,33	-1,00	-1,33	-1,00
25	1,14	0,67	0,00	**-2,67**	**-2,67**
26	0,00	-1,33	-1,00	1,33	**-2,67**
n	26	26	26	25	24
Moyenne	-0,31	-0,76	-0,56	-0,76	-1,10
Ety	0,99	0,87	0,87	1,22	1,10
n Echec	1	4	2	5	9
% Echec	3,85%	15,38%	7,69%	20,00%	37,50%

Titre : Profil neuropsychologique des enfants présentant un trouble neurovisuel à la suite d'une anoxie périnatale.

Résumé : Une étude a été menée sur 26 enfants de 6 à 14 ans (présentant des troubles neurovisuels et ayant des antécédents d'hypoxie périnatale et/ou de prématurité) afin de voir s'il existe un profil neuropsychologique dépendant des conditions de naissance et de la présence de lésions cérébrales visibles à l'IRM. Il en ressort que les enfants cumulant les deux facteurs étiologiques présentent un profil plus dissocié entre le versant visuel et le versant verbal. Par ailleurs, il apparaît que les difficultés neurovisuelles interagissent avec les autres processus cognitifs et peuvent interférer dans la réussite à certaines épreuves.

Abstract : We conducted a study on 26 children aged 6 to 14 years (presenting neurovisual impairments following perinatal hypoxia, prematurity, or both) in order to assess potential neuropsychological profile related with birth conditions and presence of visible cerebral lesion on MRI. Our analyses show that children presenting both etiological factors present a dissociated profile between visual and verbal sides. We also detected interactions between neurovisual deficits and other cognitive processes, which can contribute to decrease performances in certain evaluations.

Mots clés : Troubles neurovisuels - Troubles neuropsychologique – Hypoxie – Prématurité – Enfants - Lésions cérébrales.

Key words : Visual cognitive impairment – neuropsychological disorders – Hypoxia - Prematurity – Children - Cerebral lesions.

Nombre de pages : 92p. et 7p. d'annexe

Nombre de références bibliographiques : 106