



HAL
open science

Élaboration d'une batterie de dépistage des troubles neurovisuels chez des enfants d'âge scolaire

Sidonie Bonte, Laurie Moulin

► **To cite this version:**

Sidonie Bonte, Laurie Moulin. Élaboration d'une batterie de dépistage des troubles neurovisuels chez des enfants d'âge scolaire. Sciences cognitives. 2013. dumas-00873489

HAL Id: dumas-00873489

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00873489>

Submitted on 2 Nov 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

**ELABORATION D'UNE BATTERIE DE DEPISTAGE DES TROUBLES
NEUROVISUELS CHEZ DES ENFANTS
D'AGE SCOLAIRE**

Directrice de mémoire
Dr Sylvie CHOKRON

Année universitaire 2012-2013

BONTE Sidonie
Née le 14 février 1990

MOULIN Laurie
Née le 18 juin 1990

Nous tenons tout d'abord à remercier Sylvie Chokron, notre maître de mémoire, qui nous a proposé ce sujet et qui nous a encadrées et conseillées tout au long de l'année,

Un grand merci à tous les enfants à qui nous avons fait passer notre batterie, pour leur bonne volonté et leurs sourires,

Merci à toute l'équipe enseignante de l'école qui nous a accueillies, sans qui cette étude n'aurait pas été possible,

Merci aux parents, qui ont bien voulu laisser participer leurs enfants,

Merci à Marc, qui a été d'une aide précieuse et indispensable pour le traitement de nos données,

Merci aux orthophonistes et aux neuropsychologues de la Fondation Rothschild, de nous avoir permis de rencontrer leurs patients,

Merci également à Anny et Sandrine, secrétaires de la Fondation Rothschild, de nous avoir aidé à dompter les photocopieuses, à contacter les patients et à trouver des dossiers,

Merci à nos maîtres de stage d'avoir accepté nos quelques absences et modifications de planning,

Merci à nos familles respectives de nous avoir encouragées dans ce marathon, et de nous avoir permis de toujours garder le moral malgré les difficultés rencontrées,

Engagement de non plagiat

Je soussignée Laurie MOULIN, 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 Sidonie BONTE, 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.

INTRODUCTION (Partie commune)	1
--	----------

PARTIE THEORIQUE

<u>Chapitre 1 : LE SYSTEME VISUEL</u>	3
--	----------

(Partie rédigée par S. Bonte)

I. De l'œil au chiasma optique	3
a. Anatomie de l'œil	3
b. La rétine	3
II. Du chiasma optique au cerveau	5
a. La décussation	5
b. Les corps genouillés latéraux et les neurones relais	5
c. Les aires visuelles primaires	6
d. Les voies dorsale et ventrale	7
III. L'analyse cérébrale du message nerveux : la reconnaissance visuelle	7

<u>Chapitre 2 : L'ATTENTION</u>	9
--	----------

(Partie rédigée par S. Bonte)

I. Définitions	9
II. Les différentes composantes de l'attention	10
a. L'intensité de l'attention	10
b. La sélectivité de l'attention	11
c. Le système de contrôle	13
III. Les structures cérébrales mises en jeu	13
IV. La mémoire de travail	14

Chapitre 3 : LES TROUBLES NEUROVISUELS 16

(Partie rédigée par L. Moulin)

I.	Etiologies des troubles	16
II.	Sémiologie des troubles	16
a.	Amputations du champ visuel	17
i.	<i>La cécité corticale</i>	17
ii.	<i>L'hémianopsie latérale homonyme (HLH)</i>	19
iii.	<i>La quadranopsie</i>	20
iv.	<i>La vision tubulaire</i>	20
v.	<i>La vision périphérique</i>	21
vi.	<i>L'hémianopsie altitudinale</i>	21
b.	Troubles de l'exploration de l'espace	21
i.	<i>Syndrome de Balint : La paralysie psychique du regard</i>	22
ii.	<i>La négligence spatiale unilatérale (NSU)</i>	23
c.	Troubles de la reconnaissance visuelle : les agnosies	25

Chapitre 4 : LES TROUBLES ATTENTIONNELS CONSECUTIFS A DES LESIONS CEREBRALES..... 27

(Partie commune)

I.	Les troubles de l'attention focalisée et sélective	27
II.	Les troubles de la vigilance	27
III.	Les troubles de l'attention divisée	27
IV.	Les troubles de l'attention spatiale	28
V.	Les troubles du superviseur attentionnel	28

Chapitre 5 : RETENTISSEMENT DE CES TROUBLES SUR LES

APPRENTISSAGES 29

(Partie commune)

- I. Troubles neurovisuels et apprentissages 29**
 - a. Le modèle de lecture à double voie 29
 - b. Les stratégies de regard nécessaires à la lecture 30
 - c. Les conséquences des différentes pathologies 30
- II. Troubles attentionnels et apprentissages 31**

Chapitre 6 : EVALUATION DES TROUBLES NEUROVISUELS ET

ATTENTIONNELS 33

(Partie commune)

- I. Evaluation des troubles neurovisuels 33**
- II. Evaluation des troubles attentionnels 35**
- III. Batteries de dépistage existant chez l'enfant 36**

PROBLEMATIQUE 37

HYPOTHESES 38

PARTIE PRATIQUE (Partie commune)

METHODOLOGIE 39

- I. Description des populations 39**
 - a. Population contrôle 39
 - b. Population pathologique 40
- II. Conditions de passation 40**
 - a. Environnement 40

b.	Durée globale de passation	40
c.	Autorisations et renseignements	41
III.	Présentation de l’outil d’évaluation	41
 <u>ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES</u>		57
I.	Calcul des scores seuil.....	57
II.	Profils des enfants dépistés.....	58
III.	Etude des différents effets sur la population contrôle	61
a.	Effet de l’âge chez les sujets contrôle	61
b.	Effet du sexe par tranche d’âge	69
c.	Effet de la préférence manuelle par tranche d’âge	71
d.	Effet des troubles ophtalmologiques par tranche d’âge	74
IV.	Etude de l’effet du groupe chez les enfants de la tranche d’âge [8 ;10[.....	75
V.	Etude des corrélations	81
VI.	Etudes de cas	83
a.	Colin	83
b.	Chloé	85
 <u>DISCUSSION</u>		88
 <u>CONCLUSION</u>		99
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>		
 <u>ANNEXES</u>		

INTRODUCTION

« L'essentiel est invisible pour les yeux »

Voilà ce que dit le renard au Petit Prince. Et quand bien même Saint-Exupéry nous trouverait bien trop pragmatiques, son canidé affirme ici une incontestable vérité : les yeux ne sont qu'une infime partie de l'enchaînement nous permettant de voir. En effet, bien que leur intégrité soit primordiale, puisqu'ils constituent le capteur sensoriel de la vision, ils ne seraient rien sans l'analyse que fait le cerveau des informations qu'ils lui envoient grâce aux nerfs. Si les troubles ophtalmologiques sont aujourd'hui parfaitement objectivés et souvent dépistés, on ne peut pas en dire autant des altérations de l'interprétation cérébrale du message visuel. Or, 3 à 4% des enfants seraient porteurs d'atteintes nerveuses ou cérébrales entravant leurs capacités d'analyse, de reconnaissance, de recherche, de mémoire, d'attention visuelle. On parle alors de troubles neurovisuels.

Ces troubles visuels d'origine centrale vont avoir des répercussions importantes sur toutes les acquisitions scolaires mettant en jeu la vision (telles que la lecture, l'écriture, les mathématiques, ...) mais aussi dans la vie quotidienne de l'enfant. Il est donc essentiel que ces troubles soient correctement dépistés, et le plus précocement possible, afin d'être en mesure d'apprendre à l'enfant à en prendre conscience et à les compenser. Si les adultes peuvent présenter des troubles neurovisuels à la suite de traumatismes crâniens ou d'AVC, montrant alors une rupture avec leur ancien comportement visuel, les lésions cérébrales des enfants atteints de ces troubles sont le plus souvent congénitales ou acquises très précocement. De fait, les enfants ne sont donc pas en mesure d'exprimer une plainte, puisqu'ils ne peuvent pas comparer leur expérience visuelle avec une vision intègre. Les atteintes et les troubles qui en découlent peuvent être dus principalement à une souffrance périnatale (anoxie cérébrale), à une grande prématurité, à un dysfonctionnement voire à une agénésie de certaines aires cérébrales.

Les orthophonistes étant amenés à prendre en charge les différents troubles des apprentissages, et notamment ceux concernant le langage écrit, il nous paraît pertinent d'être en mesure de reconnaître les troubles neurovisuels. En effet, il serait vain de rééduquer la

lecture de façon traditionnelle si l'atteinte est d'origine centrale. De bonnes compétences neurovisuelles sont effectivement un prérequis à ce type d'apprentissage.

On trouve désormais une batterie de dépistage pour les enfants de 4 à 6 ans (Batterie EVA), ainsi que plusieurs épreuves isolées testant différents aspects de la fonction visuelle, mais aucune batterie de dépistage rapide et étalonnée n'existe pour les enfants de plus de 6 ans.

L'objectif de ce mémoire est donc d'élaborer une batterie de dépistage des troubles neurovisuels pour des enfants d'âge primaire (de 6 à 10 ans), de l'administrer à des enfants tout-venant ainsi qu'à des enfants déjà diagnostiqués comme porteurs de troubles neurovisuels, afin d'établir des scores seuils d'échec, de standardiser et normaliser cette évaluation.

A long terme, cette batterie est destinée à être distribuée à différents professionnels de santé tels que les médecins scolaires, les orthophonistes, les orthoptistes, les neuropsychologues, comme l'a été la batterie EVA.

Nous aborderons dans ce travail tout d'abord l'anatomie du système visuel, en décrivant les voies périphériques et les voies centrales. Puis nous décrirons les différentes composantes de l'attention et leur fonctionnement, ainsi que les structures cérébrales sollicitées. Nous évoquerons ensuite tous les troubles visuels pouvant être provoqués par une atteinte centrale, ainsi que leurs différentes étiologies. Par la suite, nous présenterons chacun des troubles attentionnels existant, pour enfin exposer les retentissements que peuvent avoir ces différents troubles sur les acquisitions scolaires et dans la vie quotidienne.

Nous expliciterons ensuite les différents résultats obtenus après avoir fait passer la batterie à une cohorte d'enfants contrôle ainsi qu'à des enfants suivis pour des troubles neurovisuels. L'objectif étant, grâce à l'analyse statistique des données recueillies, d'évaluer la sensibilité des épreuves, leur éventuelle redondance, leur pertinence, ainsi que d'établir une norme de scores en fonction des différents profils des enfants.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE 1 : LE SYSTEME VISUEL

La vision est le sens prédominant chez la plupart des primates. Ce que nous percevons des objets, c'est la lumière qu'ils absorbent des sources primaires (telles que le soleil ou une ampoule) et transmettent. C'est cette lumière que va capter la rétine.

I. De l'œil au chiasma optique

a. Anatomie de l'œil

L'œil est composé de plusieurs éléments distincts d'un point de vue fonctionnel, qui ont chacun un rôle dans la transmission du message visuel au cerveau. (*Gaudric et al., 2010*) [36]

- **LA CORNEE** : c'est une couche translucide convexe qui recouvre la partie extérieure du globe oculaire. Elle sert à protéger l'avant de l'œil.
- **L'HUMEUR ACQUEUSE** : c'est un liquide salin et alcalin sous pression qui permet de maintenir la rigidité du globe oculaire.
- **L'IRIS** : c'est une membrane colorée qui contrôle la quantité de lumière arrivant dans l'œil en fonctionnant comme un diaphragme. **LA PUPILLE** est l'ouverture centrale de l'iris, elle a l'apparence d'un point noir et sa taille varie en fonction de la quantité de lumière.
- **LE CRISTALLIN** est une lentille transparente convergente placée juste derrière l'iris. Il est capable de se déformer et ainsi de modifier son pouvoir de convergence. Il permet le phénomène de mise au point (vision nette de ce que l'on regarde).
- **LE CORPS VITRE** constitue les $\frac{4}{5}$ ^{ème} du volume de l'œil. C'est un gel totalement transparent sans cesse sécrété et absorbé.

b. La rétine

La rétine est la membrane la plus interne de l'œil. Elle a pour rôle de transformer l'énergie lumineuse en activité nerveuse, et la transmet au cerveau par l'intermédiaire du nerf optique. Elle devient mature vers l'âge de deux ans (Robb, 1982). La rétine possède plusieurs zones distinctes où l'acuité visuelle varie : **LA FOVEA** est la zone la plus mince, elle correspond à la zone d'acuité maximale. Au contraire, **LA TACHE AVEUGLE** étant la zone d'où émerge

le nerf optique, elle ne contient aucune cellule photo-réceptrice. L'acuité visuelle y est donc nulle. (Gaudric et al., 2010) [36]

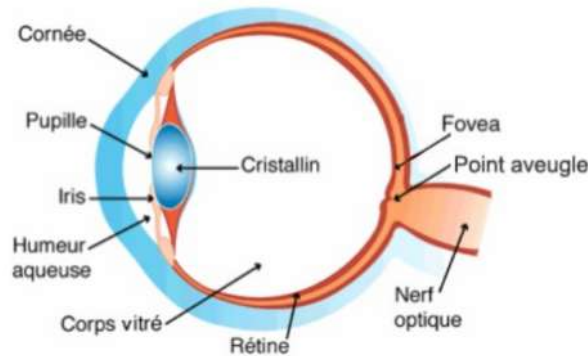


Schéma 1 : Anatomie de l'œil

http://www.iut-arles.univ-provence.fr/thon/A2/IN_CC/A2%20-%20CCIN%20-%20Chapitre%203%20-%20Le%20systeme%20visuel%20humain.pdf

La rétine est tapissée de **PHOTORECEPTEURS**, qui sont de deux types :

- Les **BATONNETS**, dont la densité maximale est en périphérie. Ils sont les plus nombreux, et sont plus sensibles à une intensité lumineuse faible. Ils vont principalement servir dans la vision nocturne et la vision périphérique.
- Les **CONES**, qui sont beaucoup moins nombreux et situés dans la région centrale de la rétine. Ils permettent la vision des détails et des couleurs, et ont une grande vitesse de réponse. Ils sont plus sollicités en vision diurne.

Cônes et bâtonnets transmettent l'information optique qu'ils reçoivent à plusieurs types de cellules : les ganglionnaires, les bipolaires (petites et grosses), ainsi que les horizontales et les amacrines qui transmettent l'information latéralement.

L'impulsion est ensuite transmise au nerf optique, qui est constitué des axones des cellules ganglionnaires. (Gaudric et al., 2010) [36]

Ce nerf optique va ensuite traverser l'orbite et entrer dans le crâne par les forams optiques jusqu'au chiasma, où les nerfs optiques droit et gauche se rejoignent. La myélinisation de ces nerfs optiques, qui permet à l'influx nerveux d'accéder correctement et rapidement aux aires cérébrales, augmente fortement jusqu'à l'âge de deux ans et peut continuer jusqu'à dix ans. (Gaudric et al., 2010) [36]

II. Du chiasma optique au cerveau

a. La décussation

Au niveau du chiasma optique, on observe un phénomène de décussation partielle, c'est-à-dire un croisement partiel des fibres optiques. Les fibres de chaque héli-rétine nasale se croisent, tandis que les fibres des héli-rétines temporales rejoignent directement la voie optique homolatérale.

A partir du chiasma partent les bandelettes optiques, qui contiennent les fibres de chaque héli-champ (la bandelette optique droite contient donc toutes les informations concernant le champ visuel gauche car certaines fibres ont croisé). Elles contournent alors le mésencéphale afin d'arriver aux corps genouillés latéraux pour 80% d'entre elles. Les autres fibres rejoignent les colliculi supérieurs et n'ont pas de projection corticale. Elles jouent un rôle dans la détection de l'information et déclenchent le réflexe de fixation à l'apparition d'un stimulus. (*Benoit, 2007*) [5]

b. Les corps genouillés latéraux et les neurones relais

Les corps genouillés latéraux font partie du thalamus. Ils effectuent une première analyse des informations visuelles et permettent de les transférer. Ils parviennent à taille adulte dès l'âge de 6 mois (De Courten, Garey, 1983) (*Benoit, 2007*) [5]

Ces noyaux sont divisés en 6 couches distinctes, composées de neurones relais :

- Les cellules de type M (magnocellulaires) réagissent aux hautes fréquences temporelles. Elles sont situées dans les couches 1 et 2.
- Les cellules de type P (parvocellulaires) sont quant à elles dédiées à la vision des couleurs et aux indices spatiaux. On les retrouve dans les 4 couches supérieures.
- Les cellules de type K (koniocellulaires) sont très peu nombreuses, et leur rôle n'est pas encore bien défini.

Des corps genouillés latéraux partent les radiations optiques, qui rejoignent le cortex visuel.

A partir des corps genouillés latéraux, on parle de voies visuelles postérieures. On évoquera donc des troubles neurovisuels dès lors que la lésion se situera après le chiasma optique.

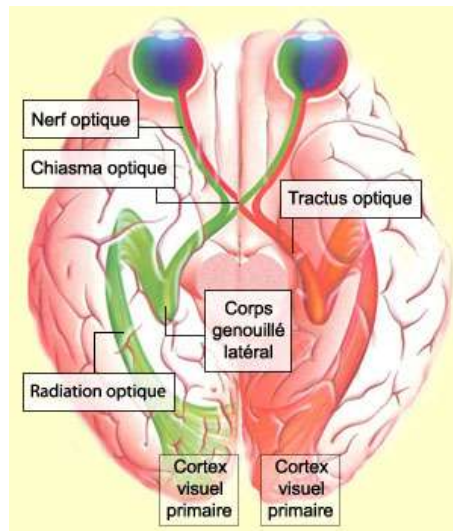


Schéma 2 : Les voies visuelles

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_cr/d_02_cr_vis/d_02_cr_vis.html

c. Les aires visuelles primaires

L'analyse cérébrale de l'information visuelle a principalement lieu au niveau de l'aire visuelle primaire – aires V1 à V5 –, en arrière du lobe occipital (aussi appelée cortex strié ou aire 17 de Broadmann). Ce cortex atteint sa taille adulte vers 4 mois, et une densité synaptique stable autour de 11 ans (*Rigaudière et al., 2012*) [56]. Néanmoins, de nombreuses autres aires cérébrales, telles que le cortex préstrié dans le lobe occipital, ou même des zones des lobes temporaux et pariétaux, traitent également spécifiquement certaines informations visuelles transmises par l'aire visuelle. (*Charnallet et Carbonnel in Seron et Van Der Linden, 2000*) [16]

Le cortex observe une construction rétinotopique, c'est-à-dire que sachant que l'hémisphère gauche traite l'information en provenance du champ visuel droit et inversement, l'ordre spatial des cellules rétiniennes est respecté. Cela permet de présumer, lorsqu'on observe un déficit du champ visuel, de la localisation lésionnelle et réciproquement. Cependant, l'espace dédié à chaque portion de la rétine n'est pas égal. Il est fonction de l'importance de cette portion dans l'analyse d'information qu'elle réalise. Ainsi, la partie centrale du champ visuel (étendue de 10° environ) représente plus ou moins 65% du cortex visuel. On parle de magnification. (*Delorme et al., 2003*) [31]

Contrairement aux cellules des corps genouillés latéraux, les neurones du cortex visuel sont binoculaires, c'est-à-dire qu'ils réagissent aux stimulations des deux yeux. Cela permet l'analyse de la distance et de la profondeur par exemple, grâce à la stéréoscopie.

d. Les voies dorsale et ventrale

A partir de l'aire visuelle primaire, on peut observer deux grandes voies visuelles appelées voie dorsale et voie ventrale, en fonction du trajet qu'elles empruntent dans le cerveau. La principale fonction de la voie dorsale concerne les informations sur la localisation, les mouvements. On l'appelle également la « voie du *où* ». Celle-ci est mature dès l'âge de 2 ans (Rasengane et al., 1997). La voie ventrale est quant à elle appelée la « voie du *quoi* », c'est-à-dire qu'elle a une fonction d'identification des objets et des couleurs. Elle arrive à maturité vers l'âge de 10 ans (Gordon, McCulloch, 1999).

Les troubles possibles seront donc différents en fonction de la voie atteinte.

III. L'analyse cérébrale du message nerveux : la reconnaissance visuelle

Il existe actuellement plusieurs modèles de reconnaissance visuelle, et notamment des modèles structuraux tels que ceux de Marr (1982), de Biederman (1987) ou de Humphreys et Riddoch (1987). Ils expliquent comment le cerveau, à partir d'informations nerveuses, est capable de reconnaître un objet ou une personne malgré les différents aspects que peuvent prendre ceux-ci (taille, éclairage, couleur, position...).

En 1982, Marr établit un modèle de reconnaissance visuelle qui comprend quatre étapes successives (Siéroff, 2009) [59]:

- L'ébauche primitive, où l'intensité lumineuse du champ visuel est analysée. Les changements d'intensité captés par la rétine permettent d'établir une première description approximative de l'objet (forme, orientation...) en deux dimensions.
- La représentation 2 ½ D, un peu plus élaborée sur les plans de l'orientation, des contours, des positions... Cette représentation est réalisée d'un point de vue égocentrique et n'est néanmoins pas encore complètement organisée. L'appréciation des textures et de la profondeur est possible, et les objets commencent à se distinguer les uns des autres.

- La représentation en modèle 3D, les différentes composantes de l'objet sont associées et la notion de volume apparaît. Cette représentation 3D est indépendante du point de vue de l'observateur, l'objet est centré sur lui-même. L'image obtenue sera ensuite comparée aux représentations mnésiques déjà stockées, et la reconnaissance pourra s'effectuer malgré une grande fluctuation des aspects que peut prendre l'objet.
- L'interprétation du sens du mot, la manipulation sémantique permet de situer l'objet au sein d'une catégorie.

Humphreys et Riddoch (1987) mettent en place un modèle assez similaire à celui de Marr, mais considèrent que dans certains cas, la vision en 3D n'est pas nécessaire à la reconnaissance. Les caractéristiques principales de l'objet, discernées dès l'étape 2D½, permettraient en effet l'identification. (*Humphreys et Riddoch, 1987*) [39]

Biederman (1987) quant à lui pense que la reconnaissance visuelle s'effectue par association de composantes structurales, qu'il appellera « geons ». La reconnaissance des objets pourrait être assimilée celle des mots, et les geons seraient alors équivalents aux phonèmes. Selon lui, les objets sont donc décomposés en geons puis sont comparés aux objets stockés en mémoire.

En 1996, Ellis et Young établissent un modèle qui bénéficie de l'apport de Marr. Selon eux, la reconnaissance commence par une comparaison des formes 2 ½ D et 3D, et les images mémorisées des objets familiers. Ces représentations visuelles donnent des informations sur l'aspect des objets, et sont reliées au système sémantique, qui permet d'avoir accès aux attributs et aux propriétés de l'objet. Une fois l'information traitée, elle est transmise aux unités de reconnaissance visuelle. Si l'objet est connu, l'accès aux informations sémantiques, et donc la dénomination, est possible. (*Manning, 2007*) [47]

Vision et attention sont deux processus étroitement liés. L'intégrité du système visuel permet donc une meilleure efficacité des fonctions attentionnelles, sans pour autant en garantir l'efficacité.

CHAPITRE 2 : L'ATTENTION

I. Définitions

Bien que nous ayons une idée globale commune de ce que peut être l'attention, une définition précise fait difficilement consensus. Les théories sur l'attention sont nombreuses, presque autant que les auteurs qui s'y intéressent.

Dès la fin du XIX^{ème} siècle, James présente en particulier les aspects de sélectivité, de contrôle attentionnel, de traitement de l'information en tant qu'objet de la conscience: « It is the taking possession by the mind, in clear and vivid form of one out of what seem several simultaneously possible objects or train of thoughts. Focalisation, concentration, of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal better with others ». (*Lamargue-Hamel, 2004*) [43]

Puis Broadbent apporte une donnée essentielle avec la notion de filtre attentionnel dans les années 50. Dans son ouvrage *Perception et Communication* (1958) il développe l'idée que le système cognitif humain est structuré en étapes de traitement (passage de nombreux canaux vers un canal unique) et que l'attention agit comme un filtre entre ces deux étapes mais aussi que les informations filtrées doivent être maintenues en mémoire en attendant d'être traitées. (*Camus et Auclair in Roulin, 2006*) [14]. Selon lui, les capacités d'attention sont restreintes. Il faut donc être capable de sélectionner les informations importantes afin de les traiter correctement. (*Siéroff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]

D'après Siéroff et Auclair, qui s'inspirent de James (1890), « l'attention permet à l'individu de diriger ses actions sur des objets spécifiques en des endroits sélectionnés, et de maintenir certaines informations ou certains objets à un haut niveau de traitement, dans la mémoire de travail, ou encore dans la conscience » (*Siéroff et Auclair, 2002*) [60]

Selon Camus, l'attention est une activité cognitive parce qu'elle s'exerce sur des connaissances que le sujet prend du monde et de lui-même. (*Camus et Auclair in Roulin, 2006*). [14]

Toutefois, malgré la diversité des définitions, la plupart des auteurs semblent retenir les notions d'intensité, de sélection et de contrôle.

II. Les différentes composantes de l'attention

S'il existe plusieurs modèles, nous avons décidé de nous intéresser plus particulièrement à celui de Van Zommeren et Brouwer, sans toutefois nous y limiter.

a. L'intensité de l'attention

L'attention varie en fonction des moments de la journée et des contextes d'apparition des stimuli. Ainsi, on peut distinguer (*Leclercq et Zimmermann in Seron et Van Der Linden, 2000*) [45] :

- l'alerte tonique, qui correspond à l'état d'éveil de l'organisme. Un niveau constant d'attention est maintenu de manière non sélective. Des variations diurnes de ce niveau d'alerte peuvent être observées (Posner et Rafal, 1987), mais il reste globalement constant. Les fluctuations du niveau d'éveil sont régulées par la formation réticulée, située au niveau du tronc cérébral.
- l'alerte phasique, c'est-à-dire la capacité à accroître de façon immédiate notre niveau attentionnel après un signal visuel et/ou auditif, de manière volontaire et transitoire. Cette alerte permet d'augmenter la rapidité de la réponse à un stimulus (la variation du niveau attentionnel se produit entre 100 et 1000 millisecondes selon Siéroff, 1994). L'alerte phasique peut être testée au moyen de l'outil informatique, qui permet de calculer les temps de réaction. Le stimulus auquel il faut réagir est précédé d'un avertisseur visuel ou sonore.
- l'attention soutenue dépend d'un contrôle volontaire. Elle correspond à une élévation du niveau attentionnel pendant un temps prolongé, avec une affluence d'informations à traiter de façon continue. L'attention soutenue peut être testée par de longs tests de barrage, ou avec un outil informatisé dans lequel le patient doit réagir à des stimuli sur une longue période (15 minutes). On comparera les performances en début et en fin d'épreuve.

- la vigilance, qui dépend également d'un contrôle volontaire. C'est la capacité à maintenir un niveau attentionnel satisfaisant pendant une tâche longue et uniforme, pendant laquelle, contrairement à l'attention soutenue, la fréquence d'apparition des stimuli est faible. L'évaluation de la vigilance est surtout effectuée grâce à l'outil informatique.

b. La sélectivité de l'attention

L'attention sélective aurait un rôle d'activation : elle permet de choisir les stimuli appropriés et ainsi d'engager les dispositifs attentionnels. (*Bertrand et Garnier, 2005*) [6]. On peut principalement relever deux aspects dans cette notion de sélectivité :

- l'attention focalisée est la capacité d'une personne à engager ses ressources attentionnelles sur les aspects pertinents d'une situation, et d'inhiber les éléments distrayants.
- l'attention divisée consiste à partager ses ressources attentionnelles entre plusieurs stimuli présentés simultanément. C'est ce qui permet à un individu d'effectuer plusieurs tâches conjointement. La priorité de traitement est donnée en fonction des intentions de l'individu et des ressources attentionnelles nécessaires et disponibles. L'attention divisée est évaluée en mettant le patient en situation de double-tâche.

Certains auteurs pensent cependant que l'attention divisée pure n'existe pas, mais qu'elle correspondrait en fait à un déplacement très rapide du foyer attentionnel. Cela s'apparenterait à un changement de focalisation de l'attention.

Selon Mazeau, l'attention est un prérequis à l'analyse volontaire de l'information transmise par les capteurs sensoriels. Elle permet de sélectionner un stimulus par l'orientation du faisceau attentionnel, ainsi que de le maintenir le temps désiré. (*Mazeau, 2006*) [49]

L'attention et la perception visuelle sont donc deux domaines très intriqués qui peuvent s'influencer l'un l'autre. Selon Engel (1971), l'attention peut aider à la perception visuelle, surtout dans un environnement comprenant beaucoup de stimulations. De plus, la plupart des

structures cérébrales impliquées dans les phénomènes d'attention sont également intimement liées aux aires traitant l'information visuelle. (*Delaunay et Thiriet, 2007*) [30]

Selon Corbetta, on peut observer un phénomène de rehaussement attentionnel : l'orientation au préalable de l'attention sur un stimulus à venir pré-activerait les aires perceptives occipitales, avant même la détection de celui-ci, et engendrerait une sorte d'augmentation du signal liée à ce stimulus. (*Corbetta et al., 2008*) [27]

En considérant le nombre d'informations présentes dans notre champ visuel, il paraît logique que l'attention sélective soit essentiellement visuelle. Posner, en 1980, parle de l'attention interne, qui correspond à une séparation entre le point de fixation oculaire (celui qu'on fixe du regard) et le point de fixation attentionnel (là où on porte notre attention). L'attention sélective n'est donc pas forcément portée au point de fixation des yeux (Johnston et Dark, 1986). (*Siéoff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]

Les informations visuelles viendraient donc nuancer l'attention d'un individu, mais l'attention modulerait également la perception visuelle. Le cas de la négligence spatiale unilatérale met d'ailleurs de plus en plus la vision et l'attention en relation. Effectivement, c'est un trouble d'origine attentionnelle qui se manifeste majoritairement dans la modalité visuelle, et dont les effets sont souvent réduits quand le patient effectue une tâche sans contrôle visuel. (*Siéoff, 2009*) [59] (*Chokron et al., 2004*) [20]

On peut imaginer l'attention sélective visuelle comme un faisceau attentionnel qui parcourt l'environnement perçu en mettant en exergue les informations les plus pertinentes. Deux types de sélection sont alors décrits par les auteurs (*Desimone & Duncan, 1995 ; Frith, 2001 ; Petit et Zago, 2002*) (*Moroni, 2004*) [50] (*Mazeau, 2006*) [49]:

- la sélection "bottom up", qui dépend des propriétés des stimuli et de leur contexte d'apparition. Elle est indépendante de l'attente de l'individu.
- la sélection "top down", dans laquelle l'intention du sujet prévaut sur la réponse des neurones et permet de modifier cette dernière.

L'attention sélective peut être évaluée à l'aide de tests de barrage ou grâce à des tests informatisés de type Go-No Go.

Treisman et Gelade, en 1980, pensent que l'attention (combinée à des phénomènes de plus haut niveau) serait également mise en jeu dans le phénomène de reconnaissance visuelle, afin de relier entre elles les différentes caractéristiques enregistrées d'un objet et de permettre la localisation. L'attention permettrait donc de donner une cohérence à l'objet.

c. Le système de contrôle

Les ressources attentionnelles de l'être humain ne sont pas illimitées. En effet, il est impossible de traiter simultanément toutes les informations que l'on reçoit. Il est donc décrit par les auteurs, et notamment Norman et Shallice (1986), un système de supervision attentionnel (SAS), qui permet de sélectionner et de coordonner les processus cognitifs mis en jeu dans certaines tâches, ainsi que de contrôler le déroulement des actions (*Camus et Auclair in Roulin, 2006*) [14]. Ce système de contrôle va donc permettre de répondre à des stimuli nouveaux et ainsi d'effectuer des actions non routinières ou imprévues.

Selon Kahneman (1973) ou Shiffrin et Schneider (1973), le système contrôle est central. Mais certains auteurs tels que Posner (1990) le considèrent plutôt sous la forme de différents modules, hiérarchisés ou non. (*Siéroff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]

III. Les structures cérébrales mises en jeu

La plupart des auteurs s'entendent sur la spécificité de certaines zones cérébrales dans les mécanismes attentionnels, bien qu'il s'agisse d'un travail en réseau. Il est en effet difficile de relier les aires cérébrales impliquées aux différents processus attentionnels.

L'intensité nécessaire est maintenue grâce à l'action conjointe de plusieurs régions. On peut cependant noter un rôle prépondérant du *thalamus* dans les différentes voies de traitement.

Les régions cérébrales intervenant dans la sélectivité de l'attention sont également nombreuses. On peut notamment relever : (*Siéroff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]

- Les régions *frontales et préfrontales*, indispensables car elles contrôlent l'activité des autres structures impliquées. Elles participent à l'engagement volontaire de la focalisation et permettent une réponse adéquate. L'aire 8 particulièrement, appelée

aire oculomotrice, contient des neurones qui ont une réponse motrice pour certains et visuelle pour d'autres. Elle permettrait alors de préparer les mouvements oculaires.

- Le *colliculus supérieur*, qui est immédiatement relié au cortex visuel primaire et à la rétine. Il permet de provoquer des mouvements de la tête et des saccades oculaires en fonction des stimuli.
- Le cortex *pariétal*, qui importe dans le traitement spatial, la localisation de la cible. Cette zone cérébrale semble recevoir et traiter des informations tant visuelles qu'auditives ou somesthésiques.
- Le *cortex temporal inférieur* est impliqué dans l'identification des stimuli visuels, le traitement du « quoi ».
- Le *thalamus*, et notamment le *pulvinar*, a un rôle de filtre des informations non pertinentes et permet également le maintien des tâches en cours. Il est en rapport étroit avec le cortex visuel.

Par ailleurs, plusieurs modèles ont été détaillés. Le plus récent est celui de Laberge (1995), développé grâce à l'observation de l'activité électrique cérébrale. Il considère que les régions pré-frontales, les régions postérieures et le pulvinar sont les principales structures mises en jeu dans l'attention. Selon lui, les régions pré-frontales ont l'ascendant sur les régions postérieures. (Bouloy et Malach, 2005) [10]

L'attention, et notamment l'attention visuelle, participe également au processus de mémoire de travail, particulièrement au niveau du calepin visuo-spatial. Il n'est d'ailleurs pas toujours possible de les distinguer l'une de l'autre. Baddeley (1986) évoque parfois l'attention de travail.

IV. La mémoire de travail

Selon Baddeley (1986), qui est à l'origine du modèle dominant aujourd'hui, la mémoire de travail est « un système à capacité limitée, destiné au maintien temporaire et à la manipulation de l'information durant la réalisation de diverses tâches cognitives de compréhension, de raisonnement ou d'apprentissage ».

La mémoire de travail se divise en trois composantes distinctes:

- L'administrateur central, qui a pour rôle de coordonner les systèmes esclaves, ainsi que de répartir les ressources attentionnelles entre les différentes tâches. C'est cet administrateur central qui va créer des stratégies de rétention (*Boujon et Quaireau, 1997*) [9] et par exemple prendre la décision d'envoyer une information en mémoire à long terme ou de déclencher ses systèmes esclaves. C'est, selon Baddeley, un module essentiellement attentionnel.
- La boucle phonologique, qui permet de maintenir les informations verbales. Elle est composée d'un stock phonologique qui maintient les informations sonores pendant une très courte durée, et d'un processus de récapitulation articulatoire, qui va actualiser les informations contenues dans le stock phonologique grâce à l'autorépétition subvocale. (*Matlin, 2001*) [48]
- Le calepin visuo-spatial, qui permet de créer temporairement des images mentales visuo-spatiales. Il peut recevoir des informations directement de la perception visuelle, d'informations orales codées sous forme de représentations visuelles, ou d'images mentales déjà créées.

En 2000, Baddeley instaure la notion de buffer épisodique, qui est également contrôlé par l'administrateur central. Il permet de maintenir temporairement des informations multimodales (venant de la mémoire à long terme et des systèmes esclaves).

Les bases neurales de la mémoire de travail ne sont pas complètement objectivées. Selon *Gazzaniga, Michael et al* en 2001, les processus de la mémoire de travail peuvent être réalisés par le cortex préfrontal, et notamment celui de l'hémisphère droit. Il serait donc en mesure d'accéder aux informations et de les conserver actives. Ces mêmes régions préfrontales ont un rôle dans l'attention, comme nous l'avons vu précédemment. (*Gazzaniga et al., 2001*) [37]

Après avoir décrit le fonctionnement des systèmes visuels et attentionnels, nous allons développer leurs différentes atteintes et leurs conséquences.

CHAPITRE 3 : LES TROUBLES NEUROVISUELS

❖ Etiologies des troubles

Chez des patients qui présentent des lésions cérébrales, il faut aussi s'intéresser non seulement à la localisation lésionnelle mais également à la nature de ces lésions. En effet, selon cette dernière, le cerveau ne sera pas touché de la même manière : les atteintes fonctionnelles pourront être différentes, tout comme la localisation lésionnelle.

Nous trouvons des atteintes d'origines vasculaire, tumorale, infectieuse, dégénérative, anoxique, toxique, iatrogène, ou enfin traumatique.

Nous indiquerons plus précisément le type d'atteinte chez l'adulte et chez l'enfant au moment où nous développerons les différentes expressions des troubles neurovisuels.

❖ Sémiologie des troubles

Il existe 3 grands types de troubles neurovisuels :

- ❖ Les amputations du champ visuel
- ❖ Les troubles de l'organisation de l'espace
- ❖ Les troubles de la reconnaissance visuelle

Tous ces troubles peuvent s'observer chez des patients dont l'acuité visuelle est correcte mais qui ont une lésion au-delà du chiasma optique. Nous allons développer ces atteintes de la plus perceptives (ici le champ visuel) à la plus cognitive (dans le domaine de la vision, c'est la reconnaissance).

a. Amputations du champ visuel

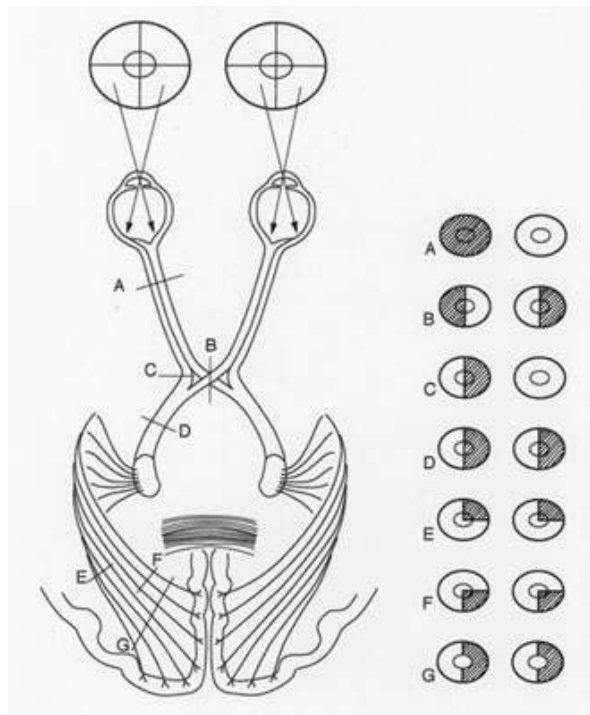


Schéma 3 : Les amputations du champ visuel en fonction de la localisation de l'atteinte

<http://psychologie-m-fouchey.psychblogs.net/?post/296-Le-syndrome-Occipital>

i. *La cécité corticale*

Cela correspond à l'amputation des deux champs visuels après une lésion occipitale bilatérale des aires striées. (Chokron, 2013) [25]

Chez les adultes, les étiologies les plus fréquentes sont les étiologies vasculaire et toxique. On observe le plus souvent des thromboses ou des intoxications à l'oxyde de carbone. (Gil, 2010) [38] (Chokron, 2013) [24]

Selon Chokron (2013), concernant l'enfant plus précisément, la principale étiologie est l'anoxie ou l'hypoxie, qui se définit comme une diminution de l'apport d'oxygène au cerveau. La cécité corticale peut donc concerner des enfants prématurés ou nés à terme. Chez les prématurés, il existe des lésions au niveau des ventricules, regroupées sous le terme de leucomalacie périventriculaire. Tandis que chez les enfants nés à terme, l'anoxie ou l'hypoxie entraînent des atteintes du cortex strié, de la substance blanche sous-jacente, des ganglions de la base, du thalamus et du tronc cérébral. On peut aussi observer des cas de tumeurs

cérébrales, et plus rarement des étiologies infectieuses comme par exemple des méningites, des troubles du métabolisme ou des anomalies chromosomiques. (*Chokron, 2013*) [24]

Au stade initial, le patient ne peut distinguer la lumière de l'obscurité, ni le mouvement de l'immobilité et on note une abolition du réflexe de clignement à la menace avec une conservation du réflexe photo-moteur. Ce dernier réflexe étant oculaire, il est préservé dans la cécité corticale. (*Chokron, 2013*) [24] [25] (*Gil, 2010*) [38]

Les patients souffrant de cécité corticale sont anosognosiques : ils ont perdu leur capacité à voir mais n'ont pas de plainte concernant leur vision. Au stade initial, le patient continue de se comporter comme s'il voyait. L'anosognosie initiale fait partie des symptômes, car les milieux optiques sont intègres. Ils captent l'image, la transforment en onde électrique et envoient l'information, mais le trajet des voies visuelles principales est lésé. Or, on sait qu'il existe d'autres voies visuelles : le cerveau continue donc de recevoir des informations visuelles en provenance des yeux. (*Chokron, 2013*) [24]

Les patients ont des hallucinations visuelles. On pourra observer une activité cérébrale anarchique dans le cerveau qui produit des images hallucinatoires car elles ne correspondent pas à ce que les yeux ont reçu. Les yeux envoient une information au cortex occipital qui est lésé et qui ne peut donc pas analyser les informations reçues. Ces hallucinations confortent le patient dans son anosognosie car les scènes visuelles perçues de manière hallucinatoires sont plausibles. (*Chokron, 2013*) [24]

Des troubles de la mémoire visuelle peuvent également être observés. Sachant que la lumière permet de coder le cycle circadien, les patients vont être désorientés dans le temps et dans l'espace. On retrouve aussi des troubles du comportement, souvent de type paranoïaque. (*Chokron, 2013*) [24]

Cette cécité est évolutive : au bout de quelques semaines, le patient arrivera à distinguer la lumière de l'obscurité, les couleurs très fortes et très contrastées, et les mouvements.

L'enfant est le plus souvent reçu des années après l'apparition du trouble. On observe alors des séquelles de cécité corticale qui se traduisent par une vision tubulaire ou périphérique. On note une difficulté à orienter le regard sur un stimulus visuel ainsi qu'un manque d'intérêt pour

celui-ci. On remarque également une dissociation entre la mobilisation du regard vers un stimulus lumineux dans l'obscurité et l'absence de mouvements oculaires vers un stimulus bien contrasté dans un environnement éclairé.

A ceux-ci peuvent s'ajouter des troubles de la reconnaissance (l'enfant ne reconnaît pas sa mère ou ne peut l'identifier dans un groupe de gens), une ataxie visuo-motrice et un trouble de l'orientation de l'attention (l'enfant ne trouve pas le jouet qu'il veut dans sa boîte, il percute des objets déplacés), ainsi qu'une simultagnosie. (*Chokron, 2013*) [24] (*Dutton et Bax, 2010*) [32]

ii. *L'hémianopsie latérale homonyme (HLH)*

Cela correspond à la perte de la moitié du champ visuel suite à une lésion occipitale unilatérale. L'atteinte est controlésionnelle et peut être avec ou sans épargne maculaire (macula : région où il y a le plus grand nombre de cônes c'est-à-dire de cellules qui codent la lumière) (*Chokron, 2013*) [24] [25]

Avec épargne maculaire, le champ central est épargné (les 5 degrés autour du point de fixation du côté de la HLH sont conservés). Ce champ central est le champ de la meilleure vision (pour lire, pour reconnaître des visages, pour voir finement...) Le patient est donc beaucoup moins gêné. Aussi, la présence ou non de cette épargne précise la localisation lésionnelle. Par habitude, on considère que plus la lésion est précoce sur les voies visuelles, plus le champ central est amputé. Au contraire, plus la lésion est tardive, plus le champ central est épargné. (*Chokron, 2013*)[25]

Ces lésions sont le plus souvent d'origine vasculaire, mais peuvent être d'origine tumorale ou encore dues à une anoxie cérébrale chez l'adulte. Tandis que chez l'enfant, il s'agira le plus souvent de tumeurs ou de traumatismes. (*Chokron, 2003*)[22] (*Bidot et Lamirel, 2012*) [7]

Il ne faut pas considérer l'HLH comme la moitié d'une cécité corticale : il n'y a pas d'anosognosie, de désorientation temporo-spatiale, ni de troubles du comportement. On peut cependant observer des hallucinations dans le champ aveugle pour les mêmes raisons que les patients avec cécité corticale. L'HLH peut être d'installation brutale, si le patient fait un AVC par exemple, mais elle peut également correspondre à l'évolution vers une cécité corticale, ou bien en être la régression intermédiaire avant régression totale des deux côtés. Il y a donc 3 cas de figure possibles. (*Chokron, 2003*) [22] (*Chokron 2013*) [24] [25]

Il faut bien garder en tête que l'HLH se déplace avec le point de fixation. Le patient a donc accès à l'intégralité de son environnement s'il le balaie du regard avec plusieurs points de fixation.

Il est également important de noter que l'HLH peut être problématique pour les enfants, qui développent leurs champs visuels. En effet, ils sont susceptibles d'exprimer d'autres troubles associés comme un trouble de l'interaction avec le monde extérieur : ils vivent dans un monde où il n'y a pas d'invariant et cela peut être angoissant. Les choses ne font qu'apparaître et disparaître en permanence de leur champ visuel. A l'inverse, un enfant peut grandir avec une HLH sans jamais se plaindre de sa vision car il ignore que le champ visuel est normalement de 180 degrés. Des erreurs de diagnostic peuvent alors être observées (dyslexie).

iii. *La quadranopsie*

Selon Siéroff, la quadranopsie correspond à la perte d'un des quatre quadrants du champ visuel. Cela équivaut à la moitié d'une HLH, avec des étiologies et une sémiologie identique. Chokron évoque également des étiologies dégénératives dans le cas où la quadranopsie évolue vers une hémianopsie latérale homonyme. (*Chokron, 2003*) [22] (*Siéroff, 2009*) [59]

Pour localiser la lésion, il faut garder à l'esprit que lorsque que l'on regarde un schéma représentant les voies visuelles, il existe non seulement une inversion droite-gauche mais également une inversion haut-bas. Mais il peut aussi y avoir moins d'un quart des fibres atteintes. Ainsi plus la zone lésée est petite, moins la vision est réduite. Quand la lésion est inférieure à un quart du champ visuel, on parle de scotome (trou dans le champ visuel dont la taille varie avec l'atteinte). (*Chokron, 2003*) [22] (*Siéroff, 2009*) [59]

iv. *La vision tubulaire*

C'est la conservation de la vision uniquement dans le champ central, due à une lésion bilatérale du cortex calcarin. (*Chokron, 2003*) [22] Même en effectuant plusieurs saccades, le cerveau n'a jamais assez d'éléments pour reconstituer une scène cohérente.

Avec la vision périphérique, cette vision tubulaire est la séquelle la plus fréquente de cécité corticale chez l'enfant. (*Chokron, 2013*) [24]

v. *La vision périphérique*

Cette vision périphérique est la conséquence d'une lésion bilatérale du pôle occipital.

Le patient est privé de vision dans le champ central, mais celle-ci est conservée en périphérie. Cependant la vision périphérique est de moins bonne qualité qu'au centre. Aussi le patient voit là où il ne regarde pas, et la qualité de sa vision en est très altérée. Ce trouble est très gênant car toutes les tâches qui nécessitent une vision globale (lecture, déplacement ...) sont rendues impossibles.

vi. *L'hémianopsie altitudinale*

Il s'agit de la perte de la moitié haute ou basse du champ visuel. Cela correspond donc à l'atteinte des deux quadrants supérieurs ou des deux quadrants inférieurs. On parle alors d'hémianopsie altitudinale supérieure ou inférieure. Dans ce cas de figure, la lésion est bilatérale et se trouve au niveau du gyrus lingual. (*Fix, 2012*) [35] (*Tribolet et al. 2005*) [62]

Le moyen le plus fiable pour repérer une amputation du champ visuel est de procéder à un examen de l'étendue du champ visuel appelé périmétrie ou campimétrie. Nous pouvons toutefois le faire à moindre matériel en demandant à l'enfant s'il repère un objet que nous aurons au préalable placé à différents endroits autour de son visage.

b. Troubles de l'exploration de l'espace

L'espace ne se construit pas uniquement avec la vision, mais aussi avec l'audition, le toucher, la proprioception. Les troubles de l'exploration de l'espace sont donc différents des amputations du champ visuel. Dans ce cas, les régions cérébrales impliquées sont les lobes pariétaux et non les lobes occipitaux.

Le point de référence du champ visuel est le point de fixation, il correspond à l'endroit où nous regardons. Ce cadre de référence est appelé rétinocentrique. En revanche, c'est le milieu

de notre tronc qui définit le point de référence de l'espace. On appelle cette référence égocentrique. (*Jeannerod in Seron et Jeannerod, 1994*) [41] Elle est superposée au milieu sagittal du corps. Ainsi, tout ce qui est dans la partie gauche du corps correspond à l'hémi-espace gauche et tout ce qui est à droite correspond à l'hémi-espace droit, où que soient nos yeux ou notre tête.

i. *Syndrome de Balint : la paralysie psychique du regard*

C'est un syndrome dû à une lésion pariétale bilatérale. Les patients atteints présentent une alternance de fixité et d'errance du regard caractéristique, mais ce syndrome est plus précisément composé de 3 symptômes (*Chokron, 2003*)[22] (*Chokron, 2013*) [24] [25] (*Siéroff, 2009*) [59] :

- ❖ **Un trouble de l'exploration visuelle volontaire** : Les patients ne peuvent plus bouger les yeux volontairement. Cela s'avère handicapant dans toutes les tâches de recherche visuelle, de déplacement, ou de coordination oculo-motrice. Cependant, ils peuvent toujours regarder de manière réflexe : on remarque donc une dissociation automatico-volontaire.
- ❖ **Une ataxie optique visuo-motrice** : C'est un trouble massif de la coordination visuo-motrice : le geste va être toujours décalé d'un certain nombre de degrés par rapport à la vision globale. Dans la vie de tous les jours, les patients vont mettre les doigts dans leur bol de soupe plutôt que l'attraper, ou les enfants vont écrire à côté de la ligne. Les patients vont être gênés dans toutes les tâches de précision ainsi qu'en vie quotidienne.
- ❖ **Une simultagnosie** : C'est un trouble de l'attention visuelle qui correspond à une difficulté d'accès à tous les détails d'une scène en même temps. Dans le cas du syndrome de Balint, on observe une perte de la vision globale au profit des éléments de détail, en d'autres termes un rétrécissement concentrique du champ attentionnel.

Chaque trouble peut exister seul, mais on ne parle du syndrome de Balint que si les trois sont mis en évidence. Les étiologies les plus fréquentes sont les traumatismes crâniens et les AVC. (*Chokron, 2003*) [22] (*Whitaker, 2010*) [64]

Chez l'enfant, la principale cause du syndrome de Balint est l'anoxie. Cependant, le cerveau du nouveau-né n'étant pas encore spécialisé, il n'est pas rare d'observer une atteinte conjointe de la vision et de l'espace.

ii. *La négligence spatiale unilatérale (NSU)*

La négligence spatiale unilatérale correspond à l'ignorance d'une moitié de l'espace. C'est un trouble spatial et non un trouble visuel. L'espace négligé est contro-lésionnel.

Les étiologies peuvent être d'origine vasculaire, tumorale, traumatique ou anoxique. Chez l'adulte, il s'agit le plus fréquemment d'AVC ou de tumeurs, tandis que chez l'enfant, l'étiologie la plus répandue est traumatique. (*Chokron, 2003*) [22]

Les localisations anatomiques sont multiples : pariétales, frontales, ou plus postérieures. On peut observer également des atteintes sous-corticales, notamment au niveau du thalamus. Chez l'enfant, l'atteinte est corticale : on retrouvera des lésions au niveau du lobe frontal, en lien avec la maturation du cerveau qui n'est pas encore achevée.

Selon Chokron et al., la lésion responsable de la NSU concernerait le faisceau longitudinal supérieur, reliant le lobe frontal au lobe pariétal. En effet, d'autres études telles que celle de Thiebaut de Schotten et al. (2005) vont dans le sens de cette hypothèse grâce à l'apport de la chirurgie éveillée. (*Chokron et al., 2008*) [17]

Les NSU les plus durables sont dues à des lésions pariétales droites. On décrit alors plus souvent l'héminégligence gauche. En revanche, si une lésion gauche est également plus rare chez l'enfant, elle semble plus fréquente que chez l'adulte. (*De Agostini et al., 2005*) [28]

La NSU est un problème de prise en compte de ce qu'il y a dans l'espace contro-lésionnel. L'espace négligé n'existe pas. On peut même observer une attraction vers le côté de la lésion. Le patient négligent n'a pas conscience de son trouble, il ne peut donc pas le compenser, contrairement au patient HLH. Toutes les informations qui arrivent dans l'hémi-espace négligé, quelle que soit la modalité sensorielle, sont totalement ignorées. (*Azouvi et al. in*

Seron et Van Der Linden, 2000) [4], (*Chokron et Gaudry, 2010*) [21] (*Siéroff, 2009*) [59] (*Chokron, 2003*) [22] (*Chokron, 2013*) [25]

Différents espaces sont concernés (*Azouvi et al. in Seron et Van Der Linden, 2000*) [4], (*Chokron, 2013*) [25] (*Siéroff, 2009*) [59] (*Chokron, 2003*) [22]:

- ❖ **L'espace personnel** : les patients souffrant de négligence personnelle ignorent un de leurs hémicorps. Ils peuvent parfois oublier de laver la moitié controlésionnelle de leur corps. Cela peut aller jusqu'à un délire somatophrénique : le sujet ne reconnaît pas son hémicorps comme étant le sien. Certains patients négligent même toute sensation, bien qu'elle puisse les alerter d'un éventuel danger.
- ❖ **L'espace extra-personnel** : On distingue l'espace proche (à portée de main) de l'espace lointain (à plusieurs mètres). Certaines personnes peuvent négliger seulement l'un de ces deux espaces. Pizzamiglio (1989) pense qu'une « dissociation de ces deux espaces n'existerait que lorsque la tâche demande une réponse motrice. »
- ❖ **L'espace représenté** : la négligence touche donc aussi la représentation mentale que l'on se fait de l'espace. Les patients à qui on demandera de décrire un lieu de mémoire en omettront la partie controlésionnelle.

Chez l'enfant, Trauner considère la NSU comme la préférence d'une stratégie commençant par le coté ipsilésionnel dans le traitement d'une tâche.

Laurent-Vannier et al. (2003), eux, mettent en évidence la NSU grâce à des épreuves de barrage de cibles. Ils ont également mis en avant que cette NSU pouvait être associée à une dyslexie. D'autre part ils ont montré, que l'héminégligence avait des conséquences délétères sur l'apprentissage de la lecture. (*Chokron et Cavézian, 2011*) [19] (*De Agostini et al., 2005*) [28]

Outre l'aspect clinique du trouble qui nous met sur la voie, nous pouvons objectiver ces atteintes grâce à des épreuves de barrage, ou en observant la complétion d'une horloge ou des rayons d'un soleil que peut faire le patient.

c. Troubles de la reconnaissance visuelle : les agnosies

Les agnosies visuelles sont le dernier pan des troubles neurovisuels. Il s'agit d'un déficit au niveau du processus de reconnaissance d'objets ou d'images, uniquement dans la modalité visuelle, en l'absence de troubles sensoriels élémentaires de cette modalité et sans déficit des fonctions exécutives, avec des aptitudes intellectuelles intègres. Dans le cas où il y aura un trouble pré-cité associé, nous ne parlerons d'agnosies que lorsque le déficit ne saurait être imputé à ces facteurs. (*Bruyer in Seron et Jeannerod, 1994*) [12] Comme vu précédemment, la reconnaissance résulte de plusieurs mécanismes et peut achopper à différentes étapes du traitement de l'information.

Les agnosies sont principalement dues à des lésions occipito-temporales bilatérales. Malgré leur rareté, elles surviennent le plus souvent à la suite de traumatismes crâniens, d'anoxies cérébrales, d'intoxication oxycarbonnée ou encore à la suite d'encéphalites.

Selon Lissauer, dont la thèse a été étayée depuis 1890, il y a deux types d'agnosies:

- ❖ **l'agnosie aperceptive** : les yeux voient le stimulus, cependant, le patient ne peut reconnaître l'objet à cause d'un déficit de construction de la perception au niveau cérébral. En pratique ces patients vont traiter l'information plus lentement, multiplier les points de prise de vue pour optimiser leur connaissance de l'objet. Beaucoup d'auteurs rappellent la perplexité du patient face à l'objet. Les erreurs sont de type morphologiques, ils vont confondre un dévidoir de scotch avec un escargot par exemple. Si Charnallet et Carbonnel (*Charnallet et Carbonnel in Seron et Van Der Linden, 2000*) [16] écrivent que la copie de dessin chez ces patients est servile, la majorité des auteurs s'accordent à dire que dans le cas d'une agnosie aperceptive la copie de dessin est impossible (*Chokron et Bartolomeo cités dans Chokron, 2003*) [22] (*Gil, 2010*) [38]. Enfin les patients sont incapables d'apparier des dessins ou des formes identiques. Ce sont les premières étapes du processus de reconnaissance qui sont atteintes.

- ❖ **l'agnosie associative** : ici sont atteintes les étapes plus tardives du processus de reconnaissance. La perception est correcte mais les patients ne peuvent associer la vue de l'objet aux connaissances internes qu'ils en ont, au prototype stocké en mémoire. Ce

type de patients ne montre en revanche aucune perplexité à la présentation de l'objet ou de l'image, malgré des réponses erronées. Ce qui caractérise ces patients est leur incapacité à appairer des objets sur une base fonctionnelle alors qu'ils peuvent appairer deux objets identiques. Nous notons également une copie servile du dessin dans ce type d'agnosie. Néanmoins, tout comme les patients souffrant d'agnosie aperceptive, la réalisation de dessin de mémoire est déficitaire. Cette dernière agnosie peut être accompagnée d'achromatopsie (trouble de la reconnaissance des couleurs). (*Chokron, 2003*) [22] (*Gil, 2010*) [38] (*Siéroff, 2009*) [59] (*Bruyer in Seron et Jeannerod, 1994*) [12] (*Charnallet et Carbonnel in Seron et Van Der Linden, 2000*) [16]

D'autres troubles de la reconnaissance sont décrits tels que **la prosopagnosie**, qui est un trouble de la reconnaissance des visages. Le patient pourra reconnaître les personnes connues à leur odeur ou à leur démarche par exemple, mais pas uniquement grâce à leurs visages. Ce trouble peut-être très gênant socialement : il y a un risque de repli sur soi dû à un problème d'interaction. (*Gil, 2010*) [38] (*Siéroff, 2009*) [59]

Les agnosies sont des troubles de la reconnaissance de stimuli connus précédemment. Le cas de l'enfant est donc difficile, puisque dans le cas d'atteintes congénitales ou acquises très précocement, les représentations sont erronées depuis la naissance. On parlera donc chez l'enfant de troubles de la reconnaissance. La reconnaissance via une modalité autre que visuelle est possible cependant. (*Chokron et Cavézian, 2010*) [18]

Les troubles de la reconnaissance peuvent être détectés grâce à des tâches d'appariement d'image identique, ou d'appariements sémantiques, fonctionnels ou catégoriels.

Les troubles neurovisuels sont peu connus car ils n'affectent pas la vision d'un point de vue ophtalmologique. Cependant, comme toutes les fonctions cognitives, les fonctions neurovisuelles sont tributaires non seulement les unes des autres mais également des autres fonctions cérébrales. (*Mazeau, 2006*) [49] En effet, nous avons vu précédemment que plusieurs troubles neurovisuels mettaient en jeu des processus d'attention, tels que la négligence spatiale unilatérale ou le syndrome de Balint.

CHAPITRE 4 : LES TROUBLES ATTENTIONNELS CONSECUTIFS A DES LESIONS CEREBRALES

L'attention se manifestant toujours dans le but d'effectuer une autre tâche, il est souvent difficile différencier ce qui relève de la composante attentionnelle de ce qui relève de cette autre tâche. Les lésions responsables de ces troubles peuvent être localisées à plusieurs niveaux du système nerveux central et dans plusieurs régions cérébrales, mais elles sont le plus souvent frontales ou pariétales. On peut décrire les troubles suivants :

I. Les troubles de l'attention focalisée et sélective

Ils se traduisent par une difficulté à focaliser son attention sur un stimulus pertinent. Cela provoque une plus grande distractibilité et donc des difficultés de concentration, car les stimuli non pertinents sont inhibés de façon moins efficace.

II. Les troubles de la vigilance

Après une lésion cérébrale, on peut observer une incapacité du sujet à maintenir un niveau attentionnel adapté à une situation donnée (Chédru et Geschwind, 1972). La vigilance étant nécessaire à toute activité cognitive, de forts troubles de cette dernière entraîneront une hypoactivité allant parfois même jusqu'au coma. (*Siéroff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]. La réalité peut être perçue de façon déformée, et les patients sont décrits comme étant dans un « état second ». (*Levy-Soussan, 2007*) [46]

III. Les troubles de l'attention divisée

Ils se manifestent par une incapacité à effectuer plusieurs tâches simultanément, bien que les compétences du sujet lors d'une tâche isolée soient maintenues. La distribution des ressources attentionnelles entraîne alors soit une augmentation du temps de réponse au profit de la qualité de ces dernières, soit le phénomène inverse. (*Cohadon et Castel, 2008*) [26]

IV. Les troubles de l'attention spatiale

On retrouve principalement l'héminégligence, qui est décrite comme un trouble de l'orientation de l'attention dans l'espace. Ce trouble n'est pas exclusivement moteur ou sensoriel, les théories attentionnelles sont les plus reprises, malgré un manque de représentations théoriques. Humphreys et Riddoch montrent d'ailleurs en 1983 que le temps de réponse à un stimulus des patients héminégligents dans leur champ négligé diminue quand on y attire leur attention. Ces troubles sont souvent provoqués par des lésions pariétales (De Renzi, 1982, Mesulam, 1981, Posner et coll. 1984). (*Siéroff in Seron et Jeannerod, 1994*) [58]. Des troubles de l'attention spatiale autres que la négligence sont également décrits, tels que des troubles non latéralisés de l'orientation de l'attention dans l'espace. (*Husain et Rorden, 2003*). [40]

V. Les troubles du superviseur attentionnel

Le SAS, système superviseur de l'attention, peut également être atteint et ainsi ne plus remplir sa fonction, notamment en cas de lésions cérébrales frontales. Dans ce cas, les priorités et la combinaison des schémas d'action ne sont plus régentées, et le comportement de l'individu peut apparaître comme incohérent dans des situations attentionnelles complexes. Cela peut entraîner des persévérations malgré des éléments discordants, des difficultés pour établir des stratégies et éventuellement les inhiber si elles ne conviennent pas, rendre les patients distractibles... De plus, leur façon de penser peut donner l'impression de s'en tenir aux évènements qui se déroulent. (*Camus et Auclair in Rolin, 2006*) [14]

CHAPITRE 5 : RETENTISSEMENT DE CES TROUBLES SUR LES APPRENTISSAGES

La vision et l'attention entrant en jeu dans la plupart des activités quotidiennes et spécifiquement dans des domaines plus scolaires tels que la lecture, l'écriture ou les mathématiques, il semble logique qu'un trouble neurovisuel ou attentionnel entrave les acquisitions d'un enfant. (*Chokron, 2011*) [23]

I. Troubles neurovisuels et apprentissages

a. Le modèle de lecture à double voie

En 1973, Marshall et Newcombe établissent un modèle de lecture à double voie, représentant les deux voies que peuvent emprunter les informations visuelles avant d'être identifiées. (*Bourdin, 2007*) [11] (*Lechevalier et al., 2010*) [44]

- **La voie lexicale**, ou voie directe : encore appelée voie d'adressage, cette voie suppose une reconnaissance globale et immédiate du mot. L'identification permet de créer une représentation mentale du mot qui pourra alors être associée à une même représentation stockée dans le lexique orthographique, et ainsi apporter du sens. L'accès au mot se fait donc grâce à sa forme orthographique et non grâce à sa forme sonore. La voie lexicale est utilisée pour lire des mots réguliers ou irréguliers fréquents, car elle nécessite auparavant un apprentissage du mot.
- **La voie phonologique**, ou voie indirecte : également appelée voie d'assemblage, cette voie est utilisée pour lire des mots peu fréquents ou des non-mots. Elle fait appel à la conversion grapho-phonémique. En effet, le mot est fragmenté en unités graphiques auxquelles sont associées des phonèmes, dont la séquence pourra être produite oralement. Le jeune lecteur utilisera principalement la voie phonologique pour déchiffrer.

b. Les stratégies de regard nécessaires à la lecture

Certaines fonctions visuelles sont indispensables afin de permettre à l'enfant de collecter les informations nécessaires à la lecture, notamment les différents mouvements oculaires tels que la fixation et les saccades. (*Purves et Coquery, 2001*) [53]

- **La fixation** est volontaire. Elle permet de récolter et d'analyser les caractéristiques des mots, et donc de les identifier : c'est le traitement gnosique. La durée de fixation va varier en fonction de la complexité des mots.
- **Les saccades** sont des mouvements involontaires de l'œil qui provoquent un changement du point de fixation, durant lequel il n'y a pas de sensation visuelle. Ce sont des déplacements très brefs qui permettent d'amener le stimulus exactement sur la fovéa, qui est la zone d'acuité maximale. Plusieurs types de saccades existent, notamment celles de progression (qui vont de gauche à droite) et celles de régression (qui permettent de revenir en arrière). Certaines saccades peuvent également être volontaires, mais elles ne sont pas utilisées dans la lecture : la personne les déclenche elle-même en ayant l'intention de diriger son regard vers telle cible. (*Rossi, 2005*) [57] (*Mazeau, 2006*) [49]

La durée d'une fixation correspond donc à l'intervalle entre deux saccades.

Les stratégies de regard de l'enfant ne deviennent matures et efficaces seulement vers 10 ans. Avant, l'enfant compense ce manque par des mouvements de tête.

c. Les conséquences des différentes pathologies

En lecture, une juste identification des lettres et des mots est indispensable. L'acuité visuelle n'étant maximale qu'au niveau de la fovea, des troubles de la poursuite visuelle et de la stratégie exploratoire entraînent des difficultés. En effet, comme vu précédemment, les mouvements oculaires sont indispensables pour avoir une stratégie de lecture efficace. Un enfant porteur d'une hémianopsie latérale homonyme par exemple, aura du mal à entraîner son regard vers le mot suivant afin de le déchiffrer. (*Chokron et Cavérian, 2010*) [18]

Outre des anomalies de mouvements oculaires, les troubles neurovisuels peuvent avoir des conséquences néfastes sur les apprentissages de l'enfant. Une amputation du champ visuel, totale ou partielle, entraînera des prises d'informations incomplètes ou inefficaces, et demandera ainsi à l'enfant un effort plus important pour un résultat convenable.

Par ailleurs, les troubles de la reconnaissance visuelle, et plus spécifiquement l'alexie pure (ou cécité verbale) entraînant une reconnaissance nulle ou très altérée du langage écrit, les retentissements sur les apprentissages sont évidents : l'enfant pourra écrire mais sera dans l'incapacité de lire ou même de se relire.

Les lésions post-chiasmatiques entraînent donc très fréquemment des troubles de la lecture, qui retentissent dans les autres grands domaines scolaires tels que les mathématiques ou l'écriture. En effet, les mouvements de fixation, de poursuite ou de saccades sont souvent altérés, ainsi que la reconnaissance, l'exploration et l'intégrité du champ visuel.

II. Troubles attentionnels et apprentissages

L'apprentissage peut être considéré comme une somme de processus contrôlés et de processus automatiques. En effet, l'enfant est initié à certaines acquisitions dès son plus jeune âge, qui deviendront par la suite automatiques. C'est le cas par exemple de la marche, du langage, de la lecture... que les adultes sont capables de réaliser correctement et rapidement sans mobiliser trop de ressources attentionnelles. (*Boujon et Quaireau, 1997*) [9]. Ces schémas d'actions automatiques vont permettre de focaliser son faisceau attentionnel sur d'autres tâches moins routinières.

- L'attention divisée est mise en jeu dans de nombreuses situations à l'école. En effet, régulièrement, l'enfant sera en situation de double tâche, par exemple quand il devra écouter son professeur tout en écrivant ou en continuant son exercice, ou quand il devra effectuer un double traitement dans une même tâche (sémantique et orthographique par exemple). Un trouble de l'attention divisée obligera donc l'enfant à délaisser une des deux tâches (sans doute la moins automatisée), voire les deux.
- L'attention soutenue est également largement sollicitée, car l'enfant doit sans cesse maintenir un niveau attentionnel élevé afin de récolter le plus d'informations possible

et de les stocker. De plus, lors de l'apprentissage de la lecture, les processus de conversion n'étant pas encore automatisés, la quantité d'attention requise est très importante. (*Bosse, 2005*) [8]

- L'attention sélective permettant de choisir les cibles pertinentes et d'inhiber les stimuli non adéquats, il est nécessaire que cette fonction soit intègre afin de faciliter les apprentissages. L'attention sélective permettra par exemple, lors de la lecture d'un texte, de se concentrer sur les éléments centraux sans se laisser distraire par les détails. Plusieurs études ont par ailleurs montré qu'il existait une relation forte entre de faibles performances en lecture et de faibles performances dans des tâches d'attention sélective visuelle. (*Bosse, 2005*) [8]

De plus, les troubles neuro-visuo-attentionnels tels que la négligence spatiale unilatérale ou le syndrome de Balint (avec sa simultagnosie) entravent également les apprentissages scolaires : le patient ayant une NSU déchiffrera seulement la moitié d'un mot ou d'une phrase, négligeant l'autre partie. Certains patients vont même jusqu'à inventer des mots afin de conserver une cohérence à ce qu'ils lisent. Un patient simultagnosique sera quant à lui handicapé car il ne verra pas les mots dans leur globalité : sa vitesse de lecture sera alors très ralentie. (*Chokron et Cavézian, 2010*) [18]

Enfin, comme nous l'avons vu précédemment, l'attention est également étroitement liée à la mémoire de travail. Cette dernière est très sollicitée dans toute tâche de lecture. En effet, après avoir analysé une lettre ou la forme orthographique d'un mot, il faut le maintenir en mémoire de travail le temps de la conversion grapho-phonémique. Il est également nécessaire de se souvenir de ce qu'on a lu précédemment pour avoir une bonne compréhension d'un texte ou d'un énoncé. Un contrôle attentionnel est donc indispensable pour tout processus de mémorisation. (*Boujon et Quaireau, 1997*) [9]

Ces troubles neuro-visuo-attentionnels, causés par des atteintes centrales, entraînent donc des conséquences néfastes importantes sur les apprentissages de l'enfant. Dès lors, il est essentiel que ces atteintes soient objectivées le plus précocement possible afin de mettre en place une prise en charge orthophonique adaptée pour ces enfants, afin qu'ils ne prennent pas de retard trop conséquent dans leurs apprentissages.

CHAPITRE 6 : EVALUATION DES TROUBLES NEUROVISUELS ET ATTENTIONNELS

Il existe aujourd'hui, dans des batteries existantes ou de façons isolées, quelques épreuves permettant d'évaluer les troubles attentionnels et neurovisuels.

I. Evaluation des troubles neurovisuels

Les amputations du champ visuel peuvent être mises en exergue grâce à examen de l'étendue du champ visuel, qu'on appelle aussi périmétrie. Une exploration de l'intégrité de ce dernier peut également être réalisée à l'aide d'une cible que l'enfant doit détecter sans la regarder.

Les troubles de l'organisation de l'espace tels que la Négligence Spatiale Unilatérale peuvent être évalués, chez l'adulte, grâce à la BEN (Batterie d'Evaluation de la Négligence), qui est étalonnée de 20 à 80 ans, ou la BIT (Behavioral Inattention Test). (*Chokron et Gaudry, 2010*) [21]

Chez l'enfant, il n'existe pas de batterie à proprement parler, mais les tests de barrage étalonnés sont très utilisés. On note notamment le barrage des cloches, que l'on peut trouver dans l'Odédys ou la Bale, les barrages de la Nepsy, destinés aux enfants de 3 à 12 ans, le barrage des nounours, étalonné pour les moins de 6 ans, ou le barrage de l'EDA (anciennement la BREV), qui est étalonné de la moyenne section de maternelle au CM2. La L2MA contient de même une épreuve de barrage, étalonnée du CE2 au CM2. Les épreuves de barrage sont sous forme papier crayon. L'organisation de l'espace peut également être testée chez l'enfant, de façon qualitative, en lui faisant réaliser ou compléter les rayons d'un soleil ou les pétales d'une fleur ou encore coller des gommettes sur une feuille, afin d'observer une éventuelle anomalie.

Quelques batteries existent afin d'évaluer les troubles de la reconnaissance visuelle. On peut par exemple citer le PEGV (Protocole d'Evaluation des Gnosies Visuelles) (*Agniel, 1992*) [1], ou la VO SP (Visual Object and Space Perception), (*Strauss, 2006*) [61] qui permet d'évaluer la reconnaissance visuelle, en différenciant les agnosies perceptives des agnosies associatives. La BORB (Birmingham Object Recognition Battery), élaborée par Humphreys et Riddoch en 1993 (*Riddoch et Humphreys, 1993*) [55], permet également de tester la reconnaissance

visuelle ainsi que la mémoire visuelle, une éventuelle simultagnosie avec un test de figures enchevêtrées... Cependant, ces batteries ne sont étalonnées que pour les adultes.

Chez l'enfant, on peut notamment remarquer la batterie de Marianne Frostig, le DTVP (Developmental Test of Visual Perception), qui permet d'évaluer la perception visuelle chez les enfants de 4 à 9 ans (*Reynolds et Fletcher-Janzen, 2007*) [54]. De même, le TVPS (Test of Visual Perceptual Skills) évalue, chez les enfants de 4 à 13 ans, les habiletés de discrimination visuelle, visuo-spatiales... On peut également trouver quelques épreuves papier-crayon normalisées dans la BALE (Batterie Analytique du Langage Ecrit) étalonnée du CE1 au CM2, avec une épreuve de « discrimination des contours » qui permet de mettre en évidence une éventuelle simultagnosie. Les différentes batteries d'évaluation psychométriques et neuropsychologiques contiennent des items destinés à évaluer la perception visuelle. Par exemple, la Nepsy contient une épreuve de mémoire des visages, qui met en jeu la mémoire visuelle et qui peut également révéler une prosopagnosie. Le WISC-IV propose des épreuves de discrimination visuelle ou d'orientation spatiale, et le WJ-II des épreuves de reconnaissance et de mémoire visuelle. L'EDA (Evaluation Des fonctions cognitives et des Apprentissages de l'enfant) propose aussi une épreuve de discrimination visuelle. On peut également proposer le test de Thurstone, initialement destinés aux adultes mais désormais étalonné à partir de 6 ans, qui consiste à apparier des formes identiques.

La mémoire visuelle est évaluée chez l'enfant à partir de 6 ans grâce à la figure de Rey (Forme A). Le test de Corsi permet également d'apprécier les capacités de mémoire visuo-spatiale.

Les compétences de coordination visuo-motrice peuvent être testées grâce au Trail Making Test (TMT), dont la version enfant convient de 9 à 14 ans. Une épreuve de précision visuo-motrice existe également dans la Nepsy. La batterie de la L2MA, étalonnée pour des enfants de 8 ans 6 à 10 ans 6 (du CE2 au CM2), contient aussi un test visuo-moteur qui consiste à reproduire des figures de plus en plus complexes. On retrouve le même type d'épreuve dans le VMI (Test of Visual Motor Intégration), destiné aux enfants de 3 à 18 ans. Toutes ces épreuves sont sous forme papier-crayon.

II. Evaluation des troubles attentionnels

Les capacités d'attention sélective peuvent être évaluées par les épreuves de « recherche dans le ciel » et de « carte géographique » du TEA-ch, qui est étalonné pour les enfants de 6 à 12 ans. Il est également possible d'utiliser différentes épreuves de barrage de cibles, notamment celle de la WISC-IV ou les barrages de Zazzo qui, dans leur version enfant, sont étalonnés de 6 à 15 ans. Le barrage de d2 de Brickenkamp & al., 1969, est quant à lui étalonné à partir de 9 ans. Les épreuves de barrage de cibles ont, à l'origine, été conçues pour objectiver les troubles de l'exploration visuelle, aussi appelés précédemment « troubles de l'attention spatiale ». Cependant, elles sont très efficaces pour mettre en évidence des troubles de l'attention sélective. Elles testent également l'attention soutenue comme nous le verrons plus tard. (Noel, 2007) [52]

Un trouble de l'attention divisée peut être décelé grâce au TEA-ch, qui comporte une épreuve dans laquelle il faut rechercher deux cibles identiques côte à côte tout en comptant les coups de fusil présentés auditivement. Il existe aussi une épreuve issue du TEA, normée pour les 6-10 ans, mais qui n'est habituellement proposée qu'à partir de 8 ans tant les sollicitations attentionnelles sont coûteuses. En effet l'enfant doit à la fois repérer lorsque 4 croix forment un carré à l'écran et signaler lorsque deux sons identiques se suivent. (Noel, 2007) [52]

Concernant l'alerte phasique, il s'agit d'une recherche de dissociations de performances. Nous connaissons l'épreuve du TEA qui a été récemment étalonnée pour 6-19 ans : on présente au patient un stimulus visuel sur un écran (une croix au centre de l'écran), et celui-ci doit cliquer le plus vite possible après présentation du stimulus. Dans la seconde condition de passation, un signal sonore précède la présentation du stimulus visuel. Il faudra comparer les deux scores. Dans une version élaborée spécialement pour les enfants (normée de 6 à 10 ans), la KITAP, la souris est remplacée par un bouton poussoir et la croix par une sorcière. (Noel, 2007) [52]

Afin d'évaluer les capacités d'attention soutenue et la vigilance, il est indispensable d'effectuer des tâches assez longues. Il pourra s'agir, dans le barrage d2, de comparer les performances entre le début et la fin de l'épreuve. On proposera également le barrage Zazzo en 10 minutes. Dans la KITAP, l'épreuve de la danse des fantômes permet de mettre en évidence un trouble d'attention soutenue : l'enfant doit signaler, grâce au bouton poussoir, lorsque deux fantômes

de la même couleur se suivent ou lorsque deux fantômes apparaissent dans la même fenêtre deux fois de suite. (Noel, 2007) [52] Le test informatisé CPT-II (Conners' Continuous Performance Test) permet également d'évaluer les compétences d'attention soutenue et de vigilance.

III. Batteries de dépistage existant chez l'enfant

Deux batteries de dépistage des troubles neurovisuels existent actuellement chez le jeune enfant :

- La batterie ABCDEFV (Atkinson et al. 2002), destinée aux enfants de la naissance à 5 ans. Cette batterie teste, en fonction de l'âge et du développement de l'enfant (il doit en effet parfois être capable d'attraper des objets), l'oculomotricité, le champ visuel, l'attention spatiale et l'orientation de l'attention, la reconnaissance visuelle, l'exploration visuelle. Afin de pouvoir être utilisée en toutes circonstances, cette batterie est transportable. (Atkinson et al., 2002) [2] (Atkinson et Braddick, 2010) [3]
- L'EVA (Evaluation des troubles Visuo-Attentionnels), élaborée par la Fondation Ophthalmique de Rothschild et destinée aux enfants de 4 à 6 ans. C'est une batterie papier-crayon administrable en une trentaine de minutes. Tous les champs de la neurovision y sont abordés : le champ visuel, l'oculomotricité, la recherche et l'exploration visuelle, la mémoire, l'analyse et la reconnaissance visuelle, l'attention sélective et l'orientation de l'attention. (Cavézian et al., 2009) [15]

Dutton et al. ont élaboré un questionnaire d'anamnèse destiné aux parents et aux soignants de l'enfant. Ce dernier comporte 73 questions qui balayent le comportement visuel. Les réponses permettent d'évoquer ou compléter un diagnostic, de localiser l'atteinte et d'élaborer une prise en charge. Les parents pourront ainsi prendre pleinement conscience des difficultés de leur enfant et adapter leur comportement. L'utilisation de ce questionnaire nécessite une interprétation par des professionnels. Il doit plus être considéré comme un guide. (Dutton et al., 2010) [33]

Parmi toutes ces différentes épreuves et batteries, on ne retrouve donc aucun protocole de dépistage français rapide et exhaustif permettant d'évaluer tous les domaines des atteintes visuelles d'origine centrale chez les enfants de plus de 6 ans.

PROBLEMATIQUE

Dans les pays industrialisés, les troubles neurovisuels représentent la première cause d'atteinte visuelle chez l'enfant. Pourtant, si les troubles ophtalmologiques font désormais l'objet d'un dépistage systématique à l'entrée au CP et sont donc très rapidement corrigés, il n'en va pas de même des troubles neurovisuels. De plus, les énormes progrès de la médecine néo-natale ont permis un taux de survie plus important chez les enfants prématurés et/ou qui survivent à des atteintes cérébrales, non sans séquelles neurologiques. La prématurité et l'anoxie néo-natale étant l'une des principales étiologies des troubles neurovisuels chez l'enfant, une augmentation de ces derniers est donc attendue. En outre, ces troubles font l'objet d'études récentes qui permettent certainement une meilleure reconnaissance. (*Chokron et Cavézian, 2010*) [18]

D'autre part, nous venons de voir, dans la partie théorique, que ces troubles neurovisuels pouvaient avoir d'importantes conséquences sur les apprentissages fondamentaux, et notamment sur le langage écrit.

Malgré ces remarques, il n'existe actuellement pas de batterie de dépistage des troubles neurovisuels pour les enfants scolarisés en élémentaire. En effet, le contrôle ophtalmologique effectué avant l'entrée en CP ne permet pas de détecter les atteintes cérébrales des troubles de la fonction visuelle.

Bien que des épreuves isolées existent déjà, il n'y a pas encore de matériel exhaustif et rapide destiné à équiper les médecins scolaires et les professionnels de santé.

Le but de ce mémoire est donc de créer une batterie de dépistage des troubles neurovisuels ou du moins d'en poser les bases, afin qu'un outil d'évaluation soit disponible dans les prochaines années. Pour que cette batterie soit valide il faut prouver sa faisabilité et sa sensibilité.

HYPOTHESES DE TRAVAIL

Tout d'abord, grâce aux résultats obtenus après l'administration de la batterie à des enfants contrôle et à des enfants porteurs de troubles neurovisuels, nous établirons des scores seuils pathologiques correspondant à la limite des 5% les moins bons. Nous pensons en effet que la courbe de répartition des résultats ne suivra pas la loi normale.

De plus, nous émettons les hypothèses suivantes :

- ❖ Chez les enfants contrôle, les groupes d'âges les plus jeunes ont des résultats moins bons que les groupes d'âge les plus âgés.
- La variable « sexe » chez les enfants contrôle n'influence pas les résultats de ces enfants à la batterie.
- ❖ La variable « préférence manuelle » chez les enfants contrôle n'a pas d'influence sur les résultats obtenus.
- ❖ La variable « troubles ophtalmologiques » n'influe pas sur les performances des enfants contrôle.
- ❖ La batterie permet de dépister des enfants en difficulté dans la population contrôle.
- ❖ Nous observerons une différence significative entre les résultats des enfants contrôle et ceux des enfants pathologiques.

Nous étudierons enfin les différentes corrélations entre les épreuves de la batterie.

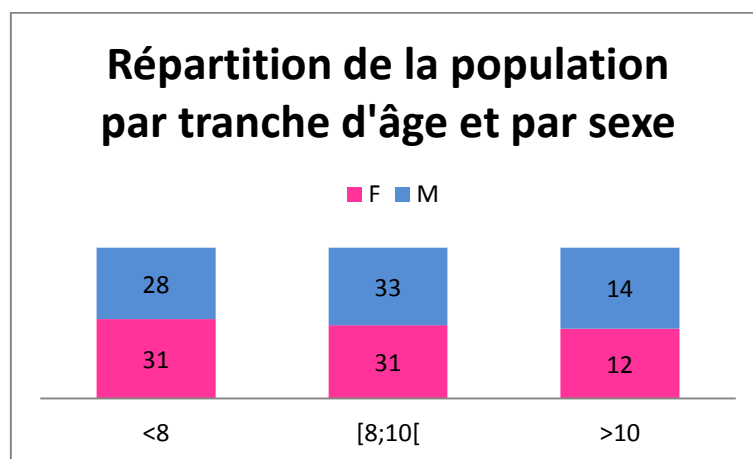
PARTIE PRATIQUE

METHODOLOGIE

I. Description des populations

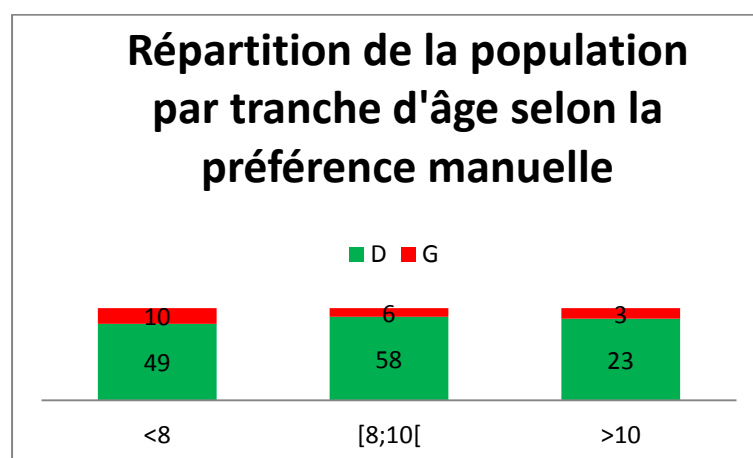
a. Population contrôlée

La population contrôlée est composée de 149 enfants, âgés de 6 ans 0 à 11 ans 2 et scolarisés du CP au CM2 inclus. La répartition des sexes est équitable, puisqu'on y retrouve 74 filles et 75 garçons.



Graphique 1 : Répartition de la population par tranche d'âge et par sexe

Parmi les enfants rencontrés, il y avait 19 gauchers et 230 droitiers, répartis dans les tranches d'âge de la façon suivante :



Graphique 2 : Répartition de la population par tranche d'âge selon la préférence manuelle.

Nous n'avons pas retenu de critère d'inclusion pour cette population si ce n'est l'âge et la classe. En effet, les différences de préférence manuelle ou de corrections ophtalmologiques nous permettront par la suite d'établir des statistiques quant à la fréquence des troubles neurovisuels pour ces différents critères.

La grande majorité des enfants constituant cette population contrôle sont scolarisés dans une école privée sous contrat. En effet, seuls 13 enfants ayant plus de 10 ans ont été recrutés dans notre entourage.

b. Population pathologique

La population pathologique est quant à elle composée de 9 enfants porteurs de troubles neurovisuels et consultant à la Fondation Ophtalmique Rothschild. On compte 3 filles et 6 garçons, âgés de 7 ans 3 à 10 ans 5. Nous étions obligées de tester des enfants déjà diagnostiqués et donc déjà pris en charge pour valider notre batterie. En effet, elle ne pouvait pas être passée en première intention chez ces enfants puisqu'elle n'est encore ni étalonnée ni standardisée.

II. Conditions de passation

a. Environnement

Pour la population contrôle, les passations se sont effectuées dans les locaux de l'école qui nous accueillait. Nous étions placées face à l'enfant, et avons veillé à ce que le mobilier soit adapté à leur taille. Nous effectuions les passations de façon individuelle, dans deux pièces séparées, avec un environnement calme.

b. Durée globale de passation

L'ensemble des épreuves pouvait être administrées en plus ou moins 30 minutes, en fonction de la classe des enfants, ou encore s'ils rencontraient des difficultés sur les épreuves proposées.

c. Autorisations et renseignements

Une lettre d'information a tout d'abord été envoyée à la direction de l'école (*annexe 1*) ainsi qu'aux parents d'élèves (*annexe 2*). Une fiche de renseignements et d'autorisation a été remplie par chacun des parents (*annexe 3*). Ces derniers devaient préciser s'ils donnaient leur accord ou non pour la passation, et s'ils désiraient être mis au courant d'éventuelles difficultés face aux épreuves. Nous leur demandions également d'indiquer certains types d'antécédents concernant notamment la grossesse, et enfin indiquer le port de lunettes et la correction de ces dernières.

Les enfants dont les résultats nous paraissaient alarmants ont ensuite rapidement été convoqués pour un bilan approfondi à la Fondation Ophtalmologique de Rothschild.

III. Présentation de l'outil d'évaluation

PRETEST 1 : ACUITE VISUELLE (*annexe 4*)

Ce prétest est constitué de l'épreuve d'acuité visuelle de Rossano-Weiss.

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer l'acuité visuelle de l'enfant, et ainsi d'écarter d'éventuels troubles visuels périphériques non diagnostiqués.

Matériel :

- Une planche d'acuité visuelle recto verso, comportant des dessins facilement identifiables à diverses échelles, de tailles décroissantes.

Déroulement et consigne :

L'examineur place la planche à 33 cm des yeux de l'enfant et lui fait dénommer les images de la première ligne (1/20, donc les plus grosses) afin de s'assurer qu'il connaisse le vocabulaire utilisé pour l'épreuve. Cette épreuve n'étant pas une épreuve de dénomination, des périphrases ou des mots approchants sont acceptés.

L'examineur retourne ensuite la planche et présente à l'enfant la ligne 1/2 (c'est-à-dire la plus petite). Il lui demande alors de dénommer les images qu'il voit. En cas d'incapacité, on remonte à la ligne précédente (1/3) et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'enfant parvienne à dénommer correctement 7 items consécutifs.

Cotation : (annexe 6, page VI)

On relève le degré d'acuité visuelle, c'est-à-dire la ligne à laquelle l'enfant a pu dénommer 7 items correctement.

PRETEST 2 : PREFERENCE MANUELLE (annexe 5)

Cette épreuve est constituée du test de préférence manuelle de De Agostini et Dellatolas (*De Agostini et Delatollas, 1988*) [29]

Objectif :

Cette épreuve permet de tester la préférence manuelle de l'enfant, en fonction de la main utilisée pour différentes tâches imposées.

Matériel :

- Une feuille blanche
- Des ciseaux
- Un crayon à papier
- Une gomme
- Un stylo
- Un ballon

Déroulement et consigne :

A chaque item noté sur la feuille de cotation, l'examineur place en face de l'enfant, de façon centrée, l'objet correspondant à la consigne, qui est la suivante : "*Montre-moi comment tu fais un petit rond sur cette feuille avec ce crayon*", "*Montre-moi comment tu le gommages*", "*Montre-moi comment tu shootes dans ce ballon*"...

Pour les items dont on ne possède pas les objets adéquats, on demande à l'enfant de faire semblant avec un stylo. Par exemple, "On imagine maintenant que ce stylo est une cuillère. Peux-tu faire semblant de manger un yaourt avec ?"

Les deux derniers items, concernant l'œil directeur et le pied dominant, ne sont effectués qu'à titre indicatif et ne sont pas comptabilisées dans la cotation.

Cotation : (annexe 6, page VI)

Pour chaque item, l'examineur attribue 1 point à l'enfant s'il utilise sa main droite exclusivement pour exécuter la tâche demandée, 2 points s'il utilise indifféremment les deux mains et 3 points s'il utilise exclusivement la main gauche. La totalité des points est alors additionnée, et le total correspond à un degré de latéralité : droitier fort (8 à 9 points), droitier faible (10 à 15 points), gaucher faible (16 à 22 points) ou gaucher fort (23 à 24 points).

EPREUVE 1 : REFLEXE PHOTOMOTEUR

Objectif :

Cette épreuve permet de vérifier l'intégrité du fonctionnement pupillaire : dilatation de la pupille dans l'obscurité et constriction de la pupille dans la lumière. L'abolition de ce réflexe pose la question d'une atteinte du système visuel périphérique (de l'œil au nerf optique).

Matériel :

- Une lampe de poche

Déroulement et consigne :

L'examineur éclaire à l'aide de sa lampe de poche la pupille gauche de l'enfant, avec la consigne suivante : « *Je vais éclairer un de tes yeux avec ma lampe. Tu dois juste garder les yeux ouverts et ne pas bouger* ». La pupille gauche, ainsi que la controlatérale, doivent se contracter brusquement à la stimulation puis se dilater lentement à l'arrêt de la stimulation lumineuse, dans la pénombre.

Cotation : (annexe 6, page VI)

L'épreuve est cotée sur 2 points :

- 1 point est attribué si le réflexe photo-moteur de l'œil stimulé est observé
- 1 point est attribué si le réflexe photo-moteur de l'œil controlatéral est observé

EPREUVE 2 : FIXATION ET CONTROLE DU REGARD

Objectif :

Cette épreuve permet de vérifier la capacité de l'enfant à contrôler son regard en maintenant une fixation visuelle.

Matériel : aucun

Déroulement et consigne :

L'examineur demande à l'enfant, qui est face à lui, de le fixer dans les yeux pendant 10 secondes sans bouger les yeux. Il lui donnera la consigne suivante : « *On va devoir se regarder dans les yeux pendant 10 secondes. On peut cligner des yeux mais on n'a pas le droit de regarder autre part. On ne doit donc pas bouger les yeux.* »

Cotation : (annexe 6, page VI)

1 point est attribué à l'enfant s'il a pu maintenir son regard fixé sur l'examineur pendant 10 secondes, sans bouger les yeux ni la tête. Aucun point n'est accordé lorsque l'enfant bouge les yeux ou la tête.

EPREUVE 3 : CHAMP VISUEL

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer rapidement l'étendue du champ visuel de l'enfant, en fonction de la localisation des cibles. Elle permet ainsi de tester la présence éventuelle d'une amputation du champ visuel.

Matériel :

- Un damier noir et blanc de 3 cases sur 3, pensé pour être bien contrasté (*annexe 7*)
- Un stylo
- Du scotch

Déroulement et consigne :

L'examineur fixe le damier au bout du stylo avec du scotch, et le place autour du visage de l'enfant dans une des 6 sections, avec la consigne suivante : « *Pour commencer, je te demanderai de fermer les yeux. Quand je te le dirai, tu pourras les ouvrir et tu me regarderas dans les yeux. Tu dois être très concentré car tu ne devras jamais quitter mes yeux. Tu devras alors tout en regardant mes yeux essayer de deviner où se trouve le damier, et tu iras le toucher doucement, sans bouger les yeux ni la tête. As-tu bien compris ?* »

L'examineur place alors la cible en périphérie du champ visuel de l'enfant, à environ 30/40 cm des yeux de l'enfant, dans une des 6 sections. Puis il demande à l'enfant d'ouvrir les yeux en le regardant dans les yeux, et de toucher la cible sans bouger les yeux ni la tête. Un essai est d'abord réalisé pour s'assurer que l'enfant a bien compris la tâche, puis l'exercice est effectué deux fois pour chaque section, dans un ordre aléatoire.

Cotation : (*annexe 6, page VI*)

On attribue un point par cible correctement détectée, si l'enfant n'a pas bougé ni les yeux ni la tête pour le voir. Aucun point n'est attribué si l'enfant a bougé les yeux ou n'a pas détecté la cible. La note maximale à cette épreuve est donc de 12.

Éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

On notera si l'enfant n'est pas capable de maintenir son regard dans les yeux de l'examineur.

EPREUVE 4 : EXTINCTION VISUELLE

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer l'aptitude de l'enfant à détecter deux stimuli visuels présentés simultanément (un dans chaque hémichamp visuel). Elle permet ainsi de tester l'éventuelle présence d'une extinction visuelle.

Matériel :

- 2 damiers de 3 cases sur 3 (*annexe 7*)
- 2 stylos
- Du scotch

Déroulement et consigne :

Cette épreuve est complémentaire de celle du champ visuel. L'examineur va cette fois-ci présenter à l'enfant deux damiers simultanément, un dans chaque main, à 30/40 cm de son visage. Il lui donnera la consigne suivante : « *On va continuer avec les damiers. Cette fois-ci, je vais parfois t'en montrer un et parfois deux. Tu vas d'abord fermer les yeux, et après les avoir ouverts, tu me regarderas droit dans les yeux. Tout en me regardant, tu devras doucement toucher avec tes mains le ou les damiers* ».

Trois présentations successives seront réalisées :

- Lors de la première présentation, les deux cibles sont présentées simultanément en périphérie (à droite et à gauche), le long de la ligne médiane du champ visuel de l'enfant.
- A la deuxième présentation, seule une cible est présentée, à droite du visage de l'enfant.
- Lors de la troisième présentation, une seule cible est présentée, à gauche.

Cotation : (*annexe 6, page VI*)

Cette épreuve est cotée sur 1 point, qui est attribué lorsque l'enfant a réussi la première présentation (toucher les deux damiers présentés simultanément).

Aucun point ne sera attribué à l'enfant si la première présentation n'est pas réussie, même si les deux suivantes le sont.

EPREUVE 5 : POURSUITE VISUELLE

Objectif :

Cette épreuve va permettre d'apprécier la qualité de la poursuite oculaire de l'enfant.

Matériel :

- Un damier fixé sur un stylo, comme utilisé précédemment. (*annexe 7*)

Déroulement et consigne :

L'examineur donne à l'enfant la consigne suivante : « *Voici encore le damier. Cette fois-ci tu devras le suivre uniquement en bougeant les yeux. Tu n'auras donc pas le droit de bouger la tête. As-tu bien compris la consigne ?* ».

L'examineur présente la cible à la hauteur du nez de l'enfant, à une distance de 30 cm (environ la longueur de l'avant-bras). L'enfant doit suivre du regard, sans bouger la tête, la cible qui se déplace selon un huit de chiffre horizontal qui s'étend à hauteur des oreilles de l'enfant à une vitesse de 10 cm par seconde.

Cotation : (*annexe 6, page VII*)

3 points peuvent être attribués à l'enfant pour cette épreuve :

- 1 point si l'enfant garde toujours les yeux sur la cible, 0 dans le cas contraire.
- 1 point si l'enfant réalise des saccades fluides, 0 dans le cas contraire
- 1 point si l'enfant dissocie les mouvements oculaires des mouvements céphaliques, 0 s'il bouge la tête.

Autres éléments à retenir :

On analysera de manière qualitative la poursuite visuelle de l'enfant s'il n'obtient pas le maximum de points à cette épreuve (nystagmus, lieux de décrochage...).

EPREUVE 6 : MEMOIRE VISUELLE (*annexe 8*)

Cette épreuve a été élaborée dans le cadre d'un mémoire d'orthophonie (*Delaunay et Thiriet, 2007*) [30] et est issue de la batterie EVA. (*Cavézian et al., 2009*)[15]

Objectif :

Cette épreuve permet d'apprécier les capacités de mémoire visuelle de l'enfant, et met également en jeu l'analyse visuelle.

Matériel :

- 2 planches exemple et 8 planches test, format A4, en orientation paysage.

5 planches contiennent la cible en leur centre, et 5 contiennent cette même cible ainsi que 4 distracteurs, sur une ligne médiane.

Déroulement et consigne :

L'examineur présente à l'enfant la planche exemple avec la cible en son centre, horizontalement. La consigne donnée est la suivante : « *Je vais te montrer une image puis la cacher, tu vas devoir t'en souvenir. Puis je te montrerai plusieurs figures et tu devras retrouver celle qui est exactement comme celle que j'ai cachée. As-tu bien compris ?* »

La cible est présentée pendant 3 secondes, puis cachée en tournant la feuille. L'examineur présente ensuite à l'enfant la planche contenant cette même cible au milieu de distracteurs et lui demande de désigner la cible. On continue de cette façon jusqu'à la dernière planche test.

Cotation : (*annexe 6, page VII*)

1 point est attribué par item correctement réalisé par l'enfant, soit un total maximum de 4 points pour l'épreuve.

Éléments à retenir :

Pour une analyse qualitative des résultats, on notera les erreurs commises : couleur, orientation, direction et emplacement de la cible...

EPREUVE 7, 8, 9 : EXPLORATION ET RECHERCHE VISUELLE (*annexe 9*)

Nous avons élaboré, avec l'aide du binôme travaillant sur la batterie adulte, les trois barrages constituant cette épreuve. Nous avons choisi pour chacun des trois barrages des cibles ayant une forme symétrique droite/gauche.

Concernant le barrage désordonné des **bols**, la cible a été choisie de sorte qu'elle soit aussi stimulante pour une fille que pour un garçon. Il y a 35 items-cible bien répartis sur l'espace de la feuille : 5 cibles au centre, 15 cibles à gauche et 15 à droite. Les 280 distracteurs ont été choisis car ils représentaient des distracteurs sémantiques, visuels, ou neutres.

Au sujet du barrage des **M**, les distracteurs consistent en la même forme que l'item-cible dans diverses orientations. Il y a donc 25 M correctement orientés (répartis équitablement : 8 à gauche, 9 au milieu et 8 à droite), et 185 distracteurs. Nous avons choisi de faire ce barrage désordonné car le matériel verbal induit une stratégie de recherche dans le sens de la lecture.

Enfin, la dernière planche est un barrage ordonné de **formes géométriques** organisé en 12 lignes et 18 colonnes. Il comporte 18 items-cible, les hexagones, et 198 distracteurs visuels. On retrouve un item-cible par colonne, répartis de façon homogène sur la hauteur.

Objectif :

Ces épreuves permettent de tester l'attention visuelle sélective (c'est-à-dire la capacité de l'enfant à extraire une cible parmi des distracteurs), la recherche et l'exploration visuelle, ainsi que l'orientation de l'attention dans l'espace.

Matériel :

- 3 planches exemple, format A4 et orientation paysage
- 3 planches test, format A4 et orientation paysage
- Un feutre
- Un chronomètre

Déroulement et consigne :

L'examineur présente d'abord à l'enfant la planche exemple (la cible uniquement pour le barrage des bols, et des planches d'essai pour les M et les formes géométriques). Il donne la consigne suivante : « *Tu vas devoir barrer le plus vite possible tou-te-s les M/bols/formes qui sont exactement pareil-le-s que celui que tu vois en haut, sans en oublier. Tu me diras quand tu penses avoir terminé.* »

Chaque planche est placée bien en face de l'enfant, de façon centrale. L'exécution de la tâche n'est pas limitée dans le temps mais l'épreuve est chronométrée. Si l'enfant s'arrête avant d'avoir barré toutes les cibles, l'examineur lui demande s'il a terminé. L'épreuve s'arrête lorsque l'enfant dit qu'il a terminé.

Pendant l'épreuve, l'examineur notera sur sa feuille de passation l'emplacement des trois premières cibles barrées ainsi que la stratégie (ou l'absence de stratégie) utilisée par l'enfant.

Les trois barrages sont proposés dans l'ordre suivant : les bols, les M et enfin les formes géométriques.

Cotation : (annexe 6, page VII à IX)

Pour chaque barrage, un point est attribué par cible correcte barrée. Le barrage des bols est donc sur 35 points, celui des M sur 25 points et celui des formes géométriques sur 18 points.

Éléments à retenir :

Pour une analyse qualitative, nous relèverons les éléments suivants :

- Nombre et emplacements des cibles omises
- Fausses alarmes, corrigées ou non
- Stratégie adoptée par l'enfant

EPREUVE 10 : FIGURES ENCHEVETREES (annexe 10)

Cette épreuve a été créée par le binôme en charge de l'élaboration de la batterie adulte. Elle est composée de 11 contours d'objets. Elle a été construite avec une cible au centre, autour de laquelle autant de cibles ont été mises de part et d'autre, à savoir 5 de chaque côté. Ce sont des cibles les plus neutres possible, dont le vocabulaire est connu de l'enfant, afin de ne pas être gêné par un déficit lexical.

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer la capacité d'analyse visuelle de plusieurs éléments présentés simultanément et de détecter d'éventuels signes de simultagnosie (incapacité à reconnaître des objets présentés simultanément).

Matériel :

- Une planche au format A4 dans une orientation portrait, comportant le contour de dessins en noir et blanc superposés et représentant des objets de la vie courante (lunettes, fourchette...).

Déroulement et consigne :

La tâche de l'enfant consiste à repérer un certain nombre d'objets qui sont enchevêtrés les uns dans les autres. Tout d'abord, on présente à l'enfant la planche exemple en lui demandant de nous dire tout ce qu'il voit: « *Dis-moi tous les objets que tu reconnais sur le dessin que je place devant toi. Tu me dis quand tu penses avoir terminé.* ». L'épreuve peut commencer lorsque l'exemple est réussi, s'il est échoué il faut expliquer à nouveau. Pour la planche test nous précisons à l'enfant: « *Attention, sur la feuille qui suit, il va y avoir beaucoup plus de dessins. Cette fois encore, tu me dis tous les objets que tu reconnais et quand tu penses avoir tout trouvé tu me préviens.* » Nous pourrions demander à l'enfant de pointer un objet du doigt si nous avons un doute.

Cotation : (annexe 6, page IX)

Le score maximal est de 11 points, 1 point pour chaque bonne réponse donnée (mot exact ou synonyme ou mot du même champ lexical).

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

Pour une analyse qualitative, les fausses alarmes seront relevées, ainsi que l'emplacement des omissions et erreurs.

EPREUVE 11 : RECONNAISSANCE VISUELLE (annexe 11)

Cette épreuve a été élaborée lors d'un mémoire d'orthophonie (Delaunay et Thiriet, 2007) [30] et est issue de la batterie EVA. (Cavézian et al., 2009)[15]

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer les capacités d'analyse et de reconnaissance visuelle.

Matériel :

- Une planche exemple en noir et blanc, format A4, présentées en orientation paysage.
- 8 planches en noir et blanc, format A4, présentées en orientation paysage.

Déroulement et consigne :

On présente la planche exemple et on demande à l'enfant de retrouver parmi les formes celle qui est exactement pareil que celle qui est isolée (tout à gauche ou tout à droite) : « *Je vais te montrer des formes, il y en a une qui est exactement comme celle qui est toute seule, tu dois me dire laquelle* ». L'épreuve commence réellement lorsque l'exemple est réussi. Nous présentons ensuite à l'enfant les planches test une par une dans l'ordre du cahier en gardant la même consigne.

Cotation : (annexe 6, page IX et X)

1 point sera attribué par planche réussie, soit un total maximum de 8 points.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

En cas d'erreur, une analyse qualitative pourra être effectuée sur ces points:

- couleur (N/B)
- orientation
- direction
- emplacement

EPREUVE 12 : VISION DES COULEURS (annexe 12)

Certains enfants souffrent d'un trouble de reconnaissance des couleurs. Cette épreuve a été pensée pour mettre ce trouble en évidence. Nous avons choisi 6 items aux couleurs prototypiques, mais dont le nom ne laissait pas entendre la couleur. Il a été décidé de donner à l'enfant des petits cartons de couleurs afin d'éviter un temps supplémentaire de coloriage, mais aussi qu'il puisse les manipuler et ne pas en omettre.

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer la bonne vision des couleurs de l'enfant, en mettant de côté les capacités verbales.

Matériel :

- 6 planches au format A4, comprenant chacune une image en noir et blanc dans une orientation portrait.
- 9 rectangles de couleurs

Déroulement et consigne:

On donne à l'enfant les 9 rectangles de couleurs « *Tiens, voilà des petits carrés, tu peux les étaler devant toi* » afin qu'il prenne connaissance de toutes les couleurs. « *Très bien, maintenant je vais te montrer des dessins. Pour chaque dessin, tu devras choisir la couleur qui va le mieux, c'est-à-dire de la même couleur que l'objet que tu vois d'habitude* » On présente donc à l'enfant les planches, individuellement. A chaque planche, il devra montrer le rectangle de la bonne couleur, celle qui correspond au dessin face à lui.

Cotation : (annexe 6, page X)

Le score maximal s'élève à 6 points, 1 point est attribué pour chaque couleur correctement choisie.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats:

Pour une analyse qualitative, les erreurs ou les absences de réponses seront relevées. En cas de non-réponse ou de mauvaise réponse, nous pourrions demander à l'enfant ce que représente le dessin qui est devant lui pour comprendre l'origine de son erreur.

En cas d'échec à cette épreuve, il sera proposé à l'enfant l'épreuve n°12 bis, qui consiste à dénommer et à associer les couleurs identiques.

EPREUVE 12BIS : DENOMMER ET APPARIER LES COULEURS**Objectif :**

Cette épreuve permet de vérifier que l'enfant connaît les couleurs, et qu'il arrive à les appairer correctement.

Matériel :

- 9 rectangles de couleur utilisés précédemment
- 12 carrés de couleur: vert, rose, rouge, orange, jaune et marron, en double.

Déroulement et consigne :

On va présenter à l'enfant les neuf rectangles de couleur un par un en lui demandant de donner le nom de la couleur. Puis on lui donne les 12 carrés, en lui demandant de ranger 2 par 2 ceux qui sont de la même couleur.

Cotation : (annexe 6, page X)

Cette épreuve ne fait pas l'objet d'une cotation, elle permet seulement d'analyser la nature des erreurs réalisées à l'épreuve 12, à savoir :

- L'enfant ne connaît pas les couleurs
- L'enfant ne peut pas appairer deux couleurs identiques

EPREUVE 13 : IMAGERIE MENTALE (annexe 13)

Nous avons élaboré cette épreuve afin d'évaluer les capacités d'imagerie mentale des enfants. Ils doivent appairer un objet à son ombre, parmi des distracteurs. Nous avons fait en sorte que, pour chaque item cible, un distracteur proche morphologiquement soit présent. Les cibles sont présentées de telle sorte qu'il y en a autant de chaque côté de la feuille réponse, afin de ne pas induire de biais.

Objectif :

Cette épreuve permet d'évaluer les capacités d'imagerie mentale de l'enfant.

Matériel :

- 6 planches contenant chacune 1 dessin
- Une planche format A4, comportant les ombres des objets, ainsi que des distracteurs, en orientation portrait

Déroulement et consignes :

On place la planche des ombres devant l'enfant, et le cahier sur la gauche. L'examineur donne la consigne suivante : « *Tu vois ici ce sont des ombres, je vais te montrer des dessins et toi tu dois me montrer sur cette feuille l'ombre qui va avec le dessin que tu vois* » Ce dernier doit montrer l'ombre qui correspond au dessin qu'on lui présente.

Cotation : (annexe 6, page XI)

6 points maximum sont attribués à cette épreuve, 1 point par appariement ombre/objet correctement effectué.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

Pour une analyse qualitative, on observera la nature des erreurs effectuées (distracteurs morphologiques,...)

EPREUVE 14 : COORDINATION VISUO-MOTRICE (annexe 14)

Cette épreuve a été élaborée de manière à ce qu'elle soit symétrique : l'enfant a alors autant de chemin à parcourir dans la partie droite que dans la partie gauche du circuit. De plus, nous avons tenté de la rendre plus attractive en la présentant sous la forme d'un parcours automobile.

Objectif :

Cette épreuve vise à évaluer la coordination visuo-motrice de l'enfant grâce à une tâche papier-crayon.

Matériel :

- Une planche format A4, présentée en orientation portrait, comportant un « parcours automobile »
- Un feutre fin

Déroulement et consigne :

L'examineur place la planche devant l'enfant et lui donne un feutre fin. L'enfant devra suivre le chemin le plus précisément possible jusqu'à l'arrivée. « *Cette voiture doit arriver le plus vite possible à l'arrivée. Aide-la en suivant le parcours avec ton crayon. Attention, il ne faut pas quitter la route !* »

Cotation : (annexe 6, page XI)

28 points maximum seront attribués à cette épreuve, 1/2 point par centimètre correctement réalisé par l'enfant.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

Pour une analyse qualitative, on notera les emplacements des déviations les plus évidentes.

EPREUVE 15 : SOLEIL

Objectif :

Cette épreuve a pour but de mettre en évidence un trouble de l'organisation de l'espace latéralisé ou non latéralisé, comme une éventuelle négligence spatiale unilatérale.

Matériel :

- Une feuille de passation format A4, comportant un cercle en son milieu. Elle sera présentée à l'enfant en format portrait.
- Un feutre jaune

Déroulement et consigne :

La feuille de passation est présentée à l'enfant, et un feutre jaune lui est donné. « *Je vais te montrer une feuille avec un soleil, mais tu verras, il a perdu ses rayons ! Il faut que tu les dessines.* »

Cotation : (annexe 6, page XII)

Le score s'élève à 1 point, attribué si l'enfant réalise des rayons équitablement répartis tout autour du soleil.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats :

Pour une analyse qualitative, la répartition des rayons sera observée.

EPREUVE 16 : SYMETRIES (annexe 15)

Nous avons conçu cette épreuve afin d'appréhender les habiletés de traitement spatial et d'imagerie mentale des enfants. Les six items-cible composant ce subtest, des objets symétriques, ont été réalisés de telle sorte qu'autant de parties droites d'objets soient présentées que de parties gauches. Parmi les trois distracteurs, nous avons choisi la moitié identique à celle de l'item à compléter, un distracteur sémantique, ainsi qu'un distracteur morphologique, afin d'objectiver si l'échec est dû à un trouble de la reconnaissance et de préciser le niveau de l'atteinte.

Objectif :

Cette épreuve permet d'objectiver des difficultés visuo-spatiales et d'imagerie mentale.

Matériel :

- Une planche exemple
- 6 planches format A4 présentées en orientation portrait comportant une moitié d'objet symétrique (la cible) en haut de page et 4 moitiés d'objets en bas de page.

Déroulement et consigne :

On présente à l'enfant les planches les unes après les autres et il doit retrouver parmi les moitiés du bas la moitié correspondante à l'image présentée. « *Je vais te montrer une image, il*

en manque une moitié, tu dois retrouver parmi tous ces dessins la moitié qui complète le dessin du haut. Attention, il faut que tu montres la bonne moitié du premier coup !»

Cotation : (annexe 6, page XII)

6 points maximum sont attribués à cette épreuve, 1 point par appariement correctement effectué.

Autres éléments à retenir pour l'analyse des résultats:

Pour une analyse qualitative, on observera la nature des erreurs effectuées (distracteurs morphologiques, sémantiques...)

EPREUVE 17, 18 : ANALYSE SIMULTANEE DE PLUSIEURS STIMULI (annexe 16)

Ces épreuves ont été conçues afin de mettre en évidence une éventuelle simultagnosie. En effet, nous savons que dans ce trouble, le patient s'attache aux détails mais ne repère pas la globalité d'une scène. L'enfant devra ici être capable de repérer toutes les cibles, qu'elles représentent des détails (yeux, boutons, poignée...) ou un élément plus global (corps du bonhomme de neige, murs de la maison...). Nous avons par ailleurs veillé, lors de la conception de ces épreuves, à ce que les cibles soient équitablement réparties dans les différentes parties du dessin (droite/milieu/gauche) afin de ne pas induire de biais. Il faut également noter que cette épreuve met en jeu des capacités d'inhibition et de flexibilité. En effet, l'enfant doit se détacher de la fonction de la cible dans l'image pour la comptabiliser.

Objectif :

Nous souhaitons déceler un trouble de l'analyse visuelle simultanée de plusieurs stimuli.

Matériel :

- Une planche exemple représentant un sapin, dans laquelle il faut trouver les triangles.
- 2 planches format A4, orientation portrait, représentant un bonhomme de neige et une maison.

Déroulement et consigne :

Nous commençons par présenter la planche exemple à l'enfant, en lui demandant combien il voit de triangles, et ce qu'ils forment. Nous nous assurons que l'enfant a bien compris que le sapin est formé de 3 triangles et lui précisons que les dessins suivants vont être construits de la même manière. Chacune des deux planches est présentée séparément à l'enfant, en orientation portrait : d'abord le bonhomme de neige puis la maison. « *Dans le dessin que je*

vais te montrer, tu dois me dire combien tu vois de ronds/carrés. Attention, certains sont un peu cachés ! » L'enfant doit nous dire quand il pense les avoir tous trouvés.

Cotation : (annexe 6, page XIII)

1 point est accordé par forme géométrique retrouvée. Le score maximal est donc pour le bonhomme de neige de 20 points, et de 15 points pour la maison.

EPREUVE 19 : PRAXIES

Objectif :

Cette épreuve a pour but d'évaluer la capacité de l'enfant à réaliser des praxies sur imitation.

Déroulement et consigne :

L'examineur va réaliser successivement trois positions de mains, indiquées dans le livret de cotation (annexe 6, page XIII). A chaque position, il demandera à l'enfant de placer ses mains de la même façon. « Je vais faire des formes avec mes mains et tu vas devoir faire comme moi avec tes mains »

Cotation : (annexe 6, page XIII)

3 points maximum sont attribués à cette épreuve, un point par praxie correctement effectuée par l'enfant.

EPREUVE 20 : ECRITURE

Objectif :

Nous souhaitons tester le geste graphomoteur de l'enfant et l'effet du contrôle visuel sur sa représentation orthographique et sa réalisation grapho-motrice.

Matériel :

- Une feuille blanche
- Un stylo

Déroulement et consigne :

L'examineur donne à l'enfant une feuille blanche et un crayon dans sa main dominante. « Je voudrais que tu écrives ton prénom. » L'enfant écrit. « Maintenant je veux que tu l'écrives, mais les yeux fermés » Il devra tout d'abord écrire son prénom les yeux ouverts, puis en dessous les yeux fermés.

Cotation : (annexe 6, page XIII)

1 point est attribué à cette épreuve, si l'enfant écrit son prénom de façon reconnaissable les yeux fermés (ou à peu près identique à la réalisation yeux ouverts).

ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

I. Calcul des scores seuil

Après avoir vérifié que les distributions ne respectaient pas la loi normale, nous avons décidé d'établir des scores seuil d'échec à chaque épreuve, ainsi qu'au score total de la batterie. Pour plus de cohérence nous avons choisi de définir trois groupes d'âge : <8 , $[8;10[$ et ≥ 10 .

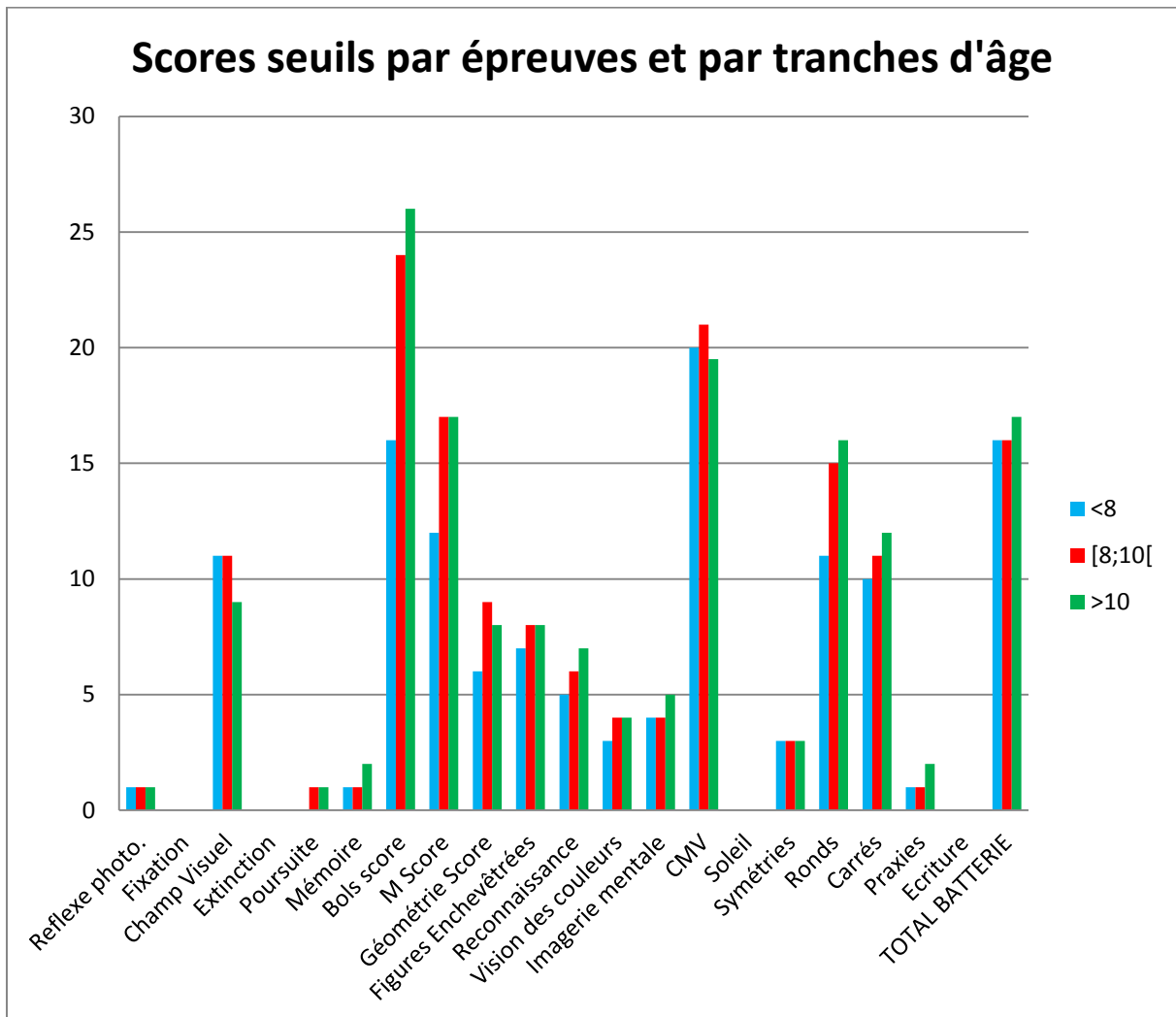
Comme réalisé précédemment avec la batterie EVA, une opposition échec/réussite a été créée grâce à un score seuil situé à 5%, équivalent à un score situé à 2 écarts types de la moyenne. Le score séparant les 5% des enfants les plus en difficulté à chaque épreuve est alors considéré comme le seuil d'échec à l'épreuve. Ainsi, l'épreuve est considérée comme réussie si l'enfant obtient un score brut strictement supérieur à ce score seuil, et échouée s'il obtient un score égal ou inférieur à ce score seuil. Ceci permet d'attribuer à chaque enfant un score total à la batterie. (*annexes 17, 18, 19*)

Selon le même principe, un score seuil d'échec à la batterie a ensuite été calculé, par tranche d'âge. Un enfant ayant un score total inférieur ou égal au score seuil établi pour sa tranche d'âge est donc considéré comme « dépisté » et susceptible de présenter des troubles neuro-visuo-attentionnels.

	Réflexe photomoteur	Fixation et contrôle du regard	Champ visuel	Extinction visuelle	Poursuite visuelle	Mémoire visuelle	Barrage des bols - score	Barrage des M - score	Barrage géométrique - score	Figures enchevêtrées	Reconnaissance visuelle	Vision des couleurs	Imagerie mentale	Coordination visuo-motrice	Soleil	Symétries	Ronds	Carrés	Praxies	Ecriture	Score total batterie
<8 ans	1	0	11	0	0	1	16	12	6	7	5	3	4	20	0	3	11	10	1	0	16
[8;10[ans	1	0	11	0	1	1	24	17	9	8	6	4	4	21	0	3	15	11	1	0	16
≥ 10 ans	1	0	9	0	1	2	26	17	8	8	7	4	5	20	0	3	16	12	2	0	17

Tableau 1 : tableau récapitulatif des scores seuil par tranche d'âge

Nous n'avons pas établi de scores seuil d'échec concernant les temps de réalisation des épreuves de barrages. Cependant, ils pourront être analysés de façon qualitative.



Graphique 3 : Scores seuils par épreuve et par tranche d'âge

II. Profils des enfants dépistés

La batterie a donc permis de repérer 7 enfants en difficulté face aux épreuves : 1 dans le groupe d'âge ≥ 10 , 3 dans le groupe d'âge $[8 ; 10[$ et enfin 3 chez les moins de 8 ans.

Pour le groupe d'âge ≥ 10 ans, il s'agit d'une petite fille droitère scolarisée en CM1, présentant une légère hypermétropie. Au test préliminaire, son acuité est d'ailleurs considérée comme mauvaise : en effet elle ne portait pas ses lunettes ce jour-là. Elle obtient un score 17/20. Il faut noter que dans cette tranche d'âge, le score seuil d'échec à la batterie est fixé à 17. Les

trois épreuves échouées sont les épreuves de : figures enchevêtrées, recherche de ronds et praxies. On remarque que deux d'entre elles portent sur la simultagnosie. Malgré tout, on ne peut pas exclure qu'elle ait été en difficulté en raison de son problème d'acuité visuelle.

Pour les tranches d'âge inférieures, le score seuil a été arrêté à 16.

Concernant la tranche d'âge [8;10], trois garçons ont été en difficulté.

- Le premier est un garçon droitier qui ne porte pas de lunettes et dont l'acuité est mauvaise selon le test préalable. Comme précédemment, on ne peut pas exclure que ses problèmes d'acuité aient eu une influence sur ses performances. Il est en échec pour les épreuves de champ visuel, d'extinction visuelle et de poursuite visuelle. Il ne s'agit donc pas simplement d'un déficit d'acuité. Il échoue également les épreuves de barrage des M, de figures enchevêtrées, de vision des couleurs, de réalisation du soleil et d'écriture. Il obtient donc un score total à la batterie égal à 12. Cet enfant a été reçu à la Fondation pour un bilan plus complet qui a mis en évidence des difficultés dans la mobilité volontaire du regard et donc dans l'exploration de l'environnement, ainsi qu'une altération du champ visuel. Ces éléments le gênent notamment au niveau gnosique, de la précision visuo-motrice et de la visuo-construction. Le bilan complet (neuropsychologique, ophtalmologique et neurologique) est en cours. Pour le moment, rien dans son anamnèse n'a permis de retrouver l'étiologie de ses troubles.

- Le deuxième présente un profil similaire de garçon droitier, non porteur de lunettes et présentant cependant une mauvaise acuité visuelle, qui pourrait influencer ses résultats à la batterie. Les seules épreuves réussies sont le réflexe photo-moteur, la réalisation du soleil, les symétries, la recherche de ronds et de carrés, les praxies et l'écriture. On remarque qu'il s'agit des dernières épreuves administrées. Son score total est donc 7. Le champ visuel se révèle très altéré, et l'enfant se retrouve en grande difficulté lors des épreuves de barrages. Il a également été reçu à la Fondation pour un bilan approfondi. Ces éléments d'altération du champ visuel sont retrouvés, ainsi qu'une difficulté de coordination visuo-motrice. On remarque également de grosses disparités de performances lors du bilan. La cause de ses troubles n'a pour le moment pas pu être déterminée par son anamnèse. Comme pour l'enfant précédent, un bilan complet (neuropsychologique, ophtalmologique et neurologique) est en cours.

- Le troisième est un garçon droitier qui ne présente pas de trouble ophtalmologique. Son acuité est bonne et il ne porte pas de lunettes. Ce dernier obtient un score total à la batterie de 16. Les épreuves échouées sont : la coordination visuo-motrice, la recherche de ronds, la recherche de carrés et l'écriture. Il n'a pas été vu à la Fondation à ce jour, cependant, au vu de ses résultats à la batterie, on peut supposer un déficit visuo-moteur.

A propos de la tranche d'âge <8 ans, on repère trois petites filles qui n'ont pas encore été reçues à la Fondation.

- La première est une petite fille droitère, ne portant pas de lunettes et dont l'acuité visuelle est considérée comme mauvaise. Ceci est à prendre en compte dans l'analyse de ses performances. Elle obtient un score total à la batterie de 13. Les épreuves échouées sont : les figures enchevêtrées, la reconnaissance visuelle, l'imagerie mentale, la coordination visuo-motrice, le soleil, la recherche de carrés et l'écriture. Elle semble présenter des difficultés de perception et de discrimination mises en évidence par l'échec des épreuves de figures enchevêtrées, de reconnaissance visuelle et de recherche de carrés, ainsi que des difficultés de représentation mentale mises en évidence par les épreuves d'imagerie mentale et d'écriture. Son échec aux épreuves de reconnaissance et de figures enchevêtrées nous amène à suspecter un trouble visuo-moteur et des difficultés d'analyse visuelle.
- La deuxième est également une petite fille qui ne porte pas de lunettes mais qui présente une mauvaise acuité visuelle, qui pourrait également avoir une influence sur ses résultats. Elle est gauchère. Elle échoue aux épreuves de reconnaissance visuelle, de vision des couleurs, d'imagerie mentale, de coordination visuo-motrice, de symétries, de réalisation soleil, de recherche de ronds, de recherche de carrés, de praxies et d'écriture, qui sont les dix dernières épreuves de la batterie. Elle obtient donc le score de 10.
- La dernière est une petite fille astigmatique présentant une bonne acuité visuelle, sa correction est donc adaptée. Elle est droitère. Son score total est 16. Les épreuves échouées sont la vision des couleurs, la réalisation du soleil, les praxies et l'écriture. On peut supposer de mauvaises compétences visuo-motrices ainsi qu'un trouble de la reconnaissance des couleurs.

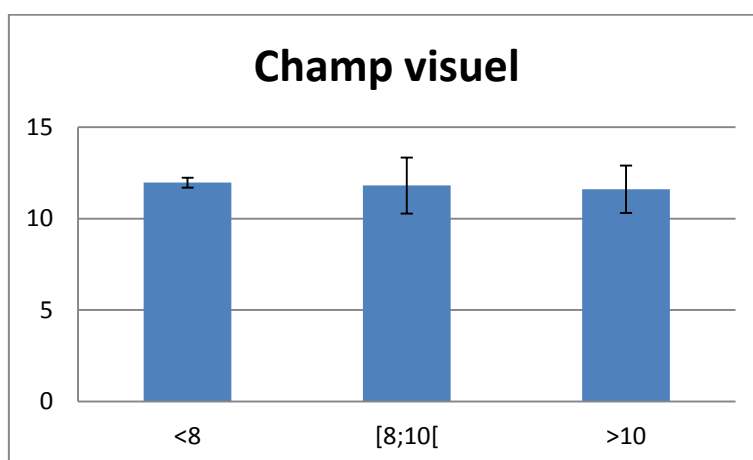
III. Etude des différents effets sur la population contrôle

Les différentes analyses de variance entre les différents groupes sont effectuées sur la population des enfants contrôle, en ayant préalablement retiré les enfants considérés comme dépistés à l'issue de l'établissement des scores seuil.

L'analyse des données a été faite grâce au logiciel Statistica. La répartition des sujets ne respectant pas la loi normale, nous avons effectué un test de Mann-Whitney pour la comparaison de deux groupes et un test de Kruskal-Wallis quand il s'agissait de comparer plus de deux groupes.

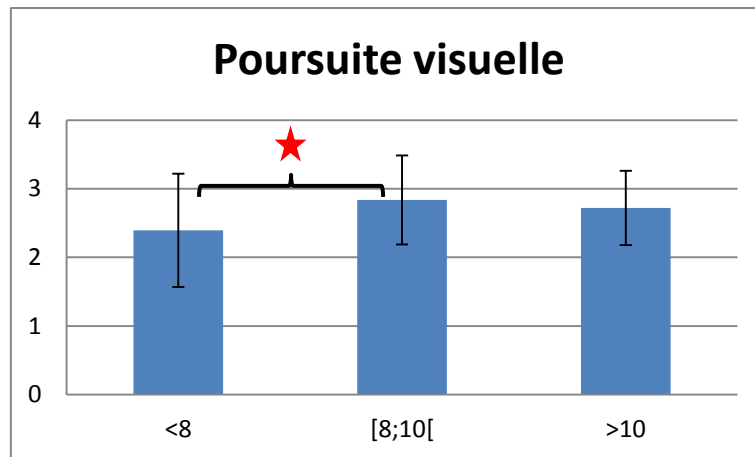
a. Effet de l'âge chez les sujets contrôle

Chez les enfants contrôle, la variable âge a un effet significatif global sur l'épreuve de champ visuel ($p = 0,0431$). En effet, les moyennes sont les suivantes : <8 $M = 11,96$; $ET = 0,27$; $[8;10[$ $M = 11,8$; $ET = 1,54$ et ≥ 10 $M = 11,6$; $ET = 1,29$. Cependant on n'observe pas de différence significative en comparant les groupes deux à deux, $p=1.0000$.



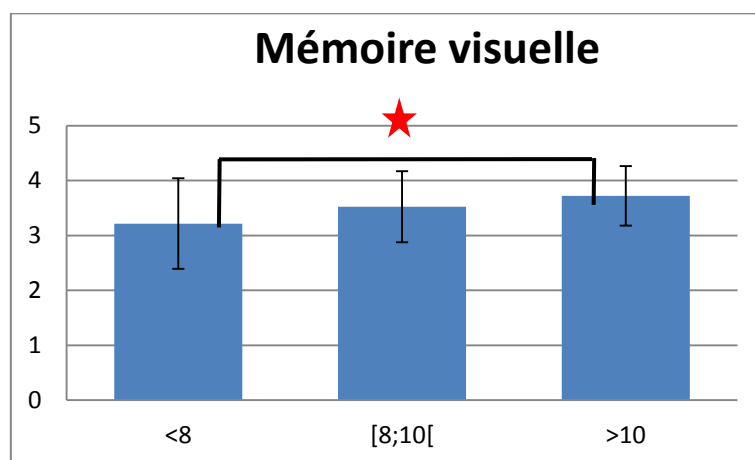
Graphique 4 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au champ visuel

La variable âge a également un effet significatif global sur l'épreuve de poursuite visuelle ($p = 0,0022$). En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 2,39$; $[8;10[= 2,84$ et $\geq 10 = 2,72$. On observe plus précisément une différence significative sur cette épreuve ($p = 0,0257$) de telle sorte que le groupe $[8;10[$ (moyenne = 2,84 ; $ET = 0,42$) obtient un score plus élevé que le groupe <8 (moyenne = 2,39 ; $ET = 0,82$).



Graphique 5 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la poursuite visuelle

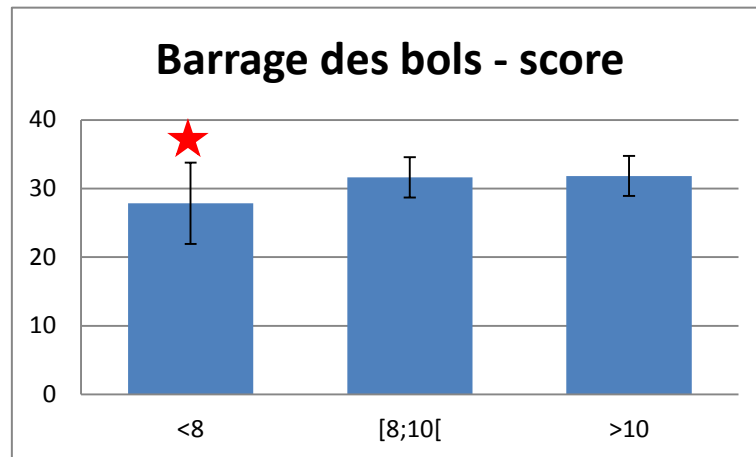
De même, on observe un effet significatif global de l'âge sur l'épreuve de mémoire visuelle ($p = 0,0088$). Les moyennes sont les suivantes : $<8 = 3,21$; $[8;10[= 3,52$ et $\geq 10 = 3,72$. En comparant les groupes deux à deux, on remarque une différence significative entre les groupes <8 (*moyenne = 3,21 ET = 0,82*) et ≥ 10 (*moyenne = 3,72; ET = 0,54*) ($p = 0,0315$) au profit des ≥ 10 . Les performances augmentent donc avec l'âge.



Graphique 6 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la mémoire visuelle

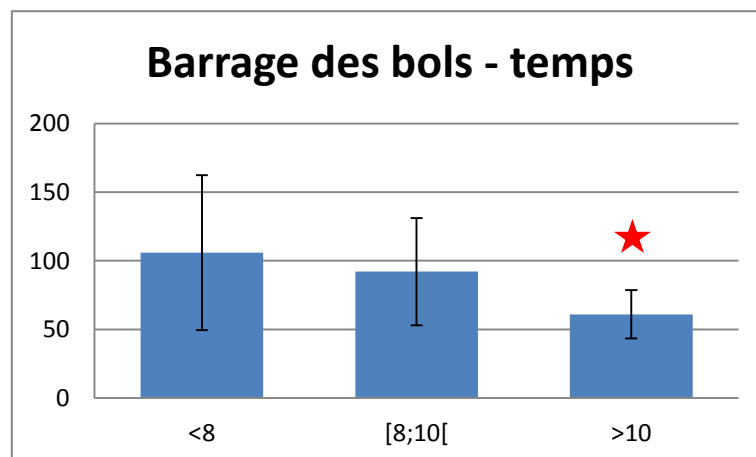
Chez les enfants contrôle, la variable âge a un effet significatif global sur les scores à l'épreuve de barrage de bols ($p = 0,0004$). En effet, les moyennes sont les suivantes: $<8 = 27,86$; $[8;10[= 31,64$ et $\geq 10 = 31,84$. Les performances des enfants à cette épreuve augmentent donc avec l'âge. En comparant plus précisément les groupes deux à deux, seules les différences de résultats entre le groupe <8 (*moyenne = 27,86; ET = 5,91*) et les groupes $[8;10[$ (*moyenne = 31,64; ET = 2,93*) ($p = 0,0012$) et ≥ 10 (*moyenne = 31,84; ET = 2,93*) ($p = 0,0082$) sont

significatives. Cependant, on n'observe aucun effet significatif de la variable âge en comparant les groupes [8;10[et ≥ 10 .



Graphique 7 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au score du barrage des bols

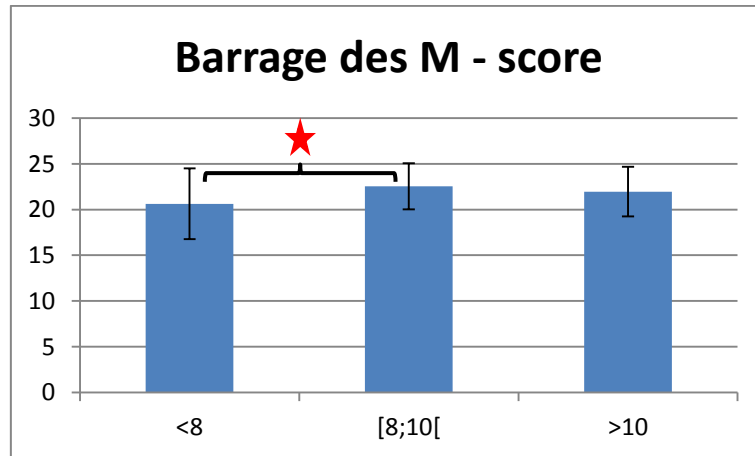
Un effet significatif global est aussi observé concernant le temps sur l'épreuve de barrage de bols ($p = 0,0004$). En effet, les moyennes sont les suivantes: $<8 = 105,95$; $[8;10[= 92,08$ et $\geq 10 = 61,04$. On observe plus précisément une différence significative sur cette épreuve de telle sorte que le groupe ≥ 10 (*moyenne = 61,04 ; ET = 17,51*) obtient un temps moins élevé que le groupe <8 (*moyenne = 105,95 ; ET = 56,47*) ($p = 0,0003$) et que le groupe $[8;10[$ (*moyenne = 2,39 ; ET = 39,06*) ($p = 0,0027$). Donc plus les enfants sont grands, plus ils sont rapides.



Graphique 8 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au temps du barrage des bols

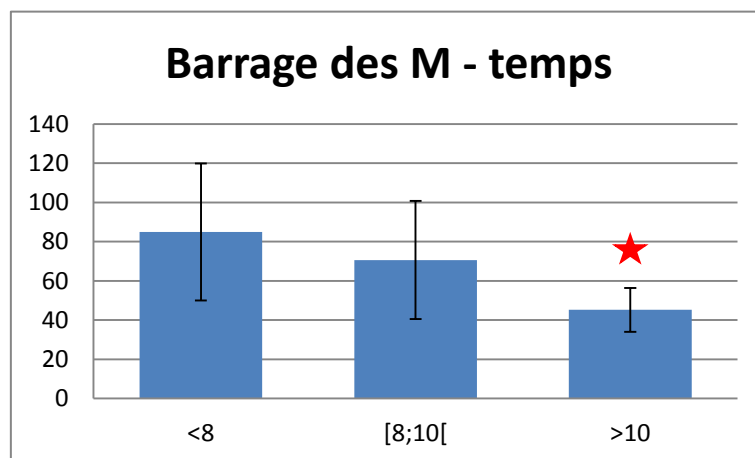
Chez les enfants contrôle, on observe un effet significatif global de l'âge sur les scores à l'épreuve de barrage des M ($p = 0,0265$). Les moyennes sont les suivantes : $<8 = 20,63$;

$[8;10[= 22,52$ et $\geq 10 = 21,96$. En comparant les groupes deux à deux, on remarque une différence significative ($p = 0,0232$) entre les groupes <8 (moyenne = 20,63 ; $ET = 3,86$) et $[8;10[$ (moyenne = 22,52; $ET = 2,51$) au profit des $[8;10[$.



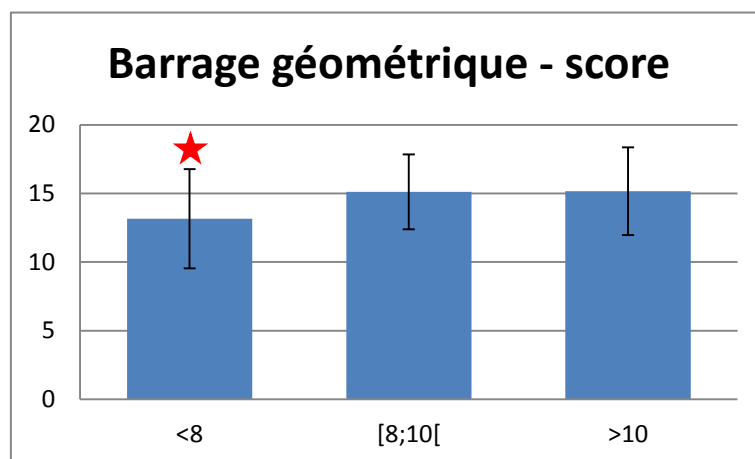
Graphique 9 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au score du barrage des M

Chez les enfants contrôle, tout comme pour le temps sur l'épreuve de barrage de bols, un effet significatif global est observé concernant le temps sur l'épreuve de barrage des M ($p = 0,0000$). En effet, les moyennes sont les suivantes: $<8 = 84,95$; $[8;10[= 70,59$ et $\geq 10 = 45,24$. On observe plus précisément une différence significative sur cette épreuve de telle sorte que le groupe ≥ 10 (moyenne = 45,24 ; $ET = 11,21$) obtient un temps moins élevé que le groupe <8 (moyenne = 84,95 ; $ET = 34,96$) ($p = 0,0000$) et que le groupe $[8;10[$ (moyenne = 70,59 ; $ET = 30,13$) ($p = 0,000044$). Les enfants deviennent donc plus rapides avec l'âge.



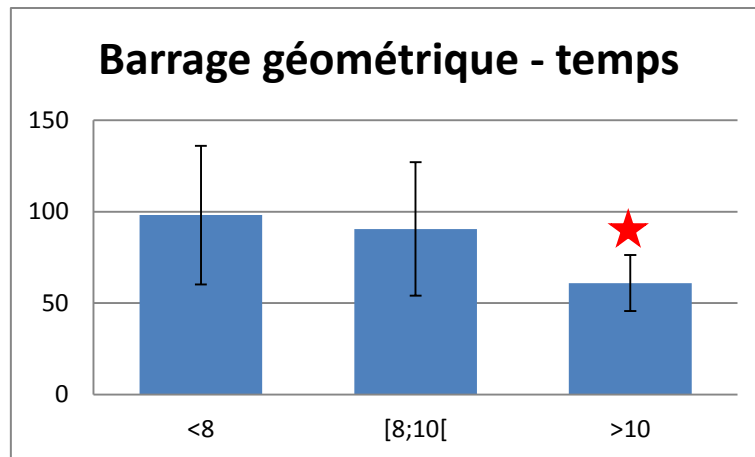
Graphique 10 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au temps du barrage des M

La variable âge a également un effet significatif global sur le score à l'épreuve de barrage de formes géométriques ($p = 0,0020$). En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 13,16$; $[8;10[= 15,11$ et $\geq 10 = 15,16$. On observe plus précisément une différence significative en comparant le groupe <8 ($moyenne = 13,16$; $ET = 3,61$) aux groupes $[8;10[$ ($moyenne = 15,11$; $ET = 2,73$) ($p = 0,0058$) et ≥ 10 ($moyenne = 15,16$; $ET = 3,2$) ($p = 0,0203$) au profit de ces derniers. Les performances des enfants augmentent donc avec l'âge.



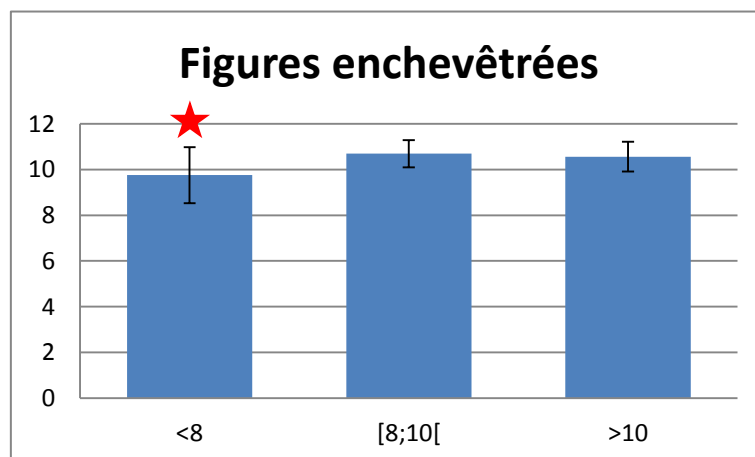
Graphique 11 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au score du barrage géométrique

Chez les enfants contrôle, tout comme pour le temps sur les deux épreuves de barrage précédentes, un effet significatif global est observé concernant le temps sur l'épreuve de barrage de formes géométriques ($p = 0,0000$). En effet, les moyennes sont les suivantes: $<8 = 98,14$; $[8;10[= 90,56$ et $\geq 10 = 61$. On observe plus précisément une différence significative sur cette épreuve de telle sorte que le groupe ≥ 10 ($moyenne = 61$; $ET = 15,35$) obtient un temps moins élevé que le groupe <8 ($moyenne = 98,14$; $ET = 37,86$) ($p = 0,000002$) et que le groupe $[8;10[$ ($moyenne = 90,56$; $ET = 36,51$) ($p = 0,0003$). Comme pour les autres barrages, plus les enfants sont grands, plus ils sont rapides.



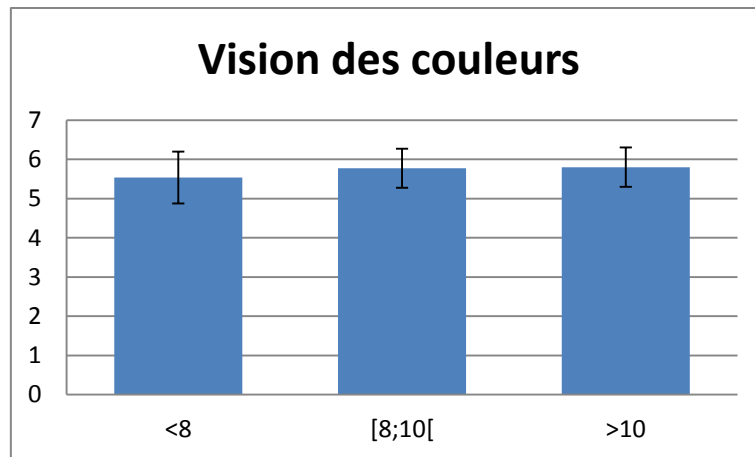
Graphique 12 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle au temps du barrage géométrique

On note un effet significatif global de l'âge chez les enfants contrôle, sur l'épreuve des figures enchevêtrées ($p = 0,0000$). En effet, les moyennes sont les suivantes: $<8 = 9,75$; $[8;10[= 10,69$ et $\geq 10 = 10,56$. De plus, une différence significative est observée entre le groupe <8 (moyenne = 9,75 ; ET = 1,22) et les groupes $[8;10[$ (moyenne = 10,69 ; ET = 0,59) ($p = 0,000004$) et ≥ 10 (moyenne = 10,56 ; ET = 0,65) ($p = 0,0077$) au profit de ces derniers. Enfin aucune différence significative n'est observée entre le groupe $[8;10[$ et le groupe ≥ 10 .



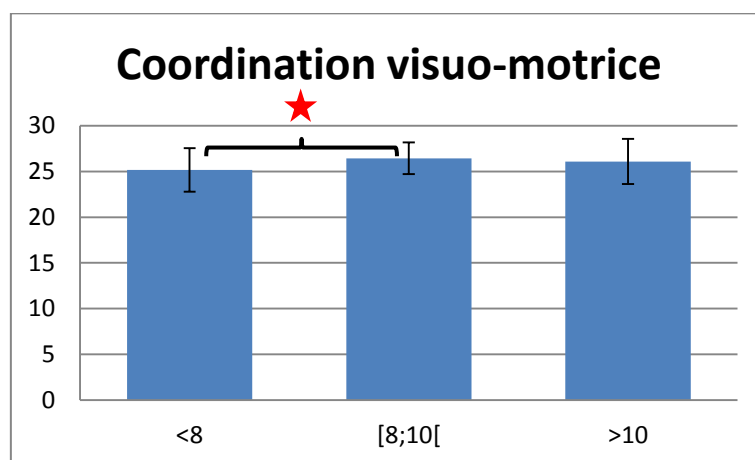
Graphique 13 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle aux figures enchevêtrées

Chez les enfants contrôle, la variable âge a un effet significatif global sur l'épreuve de vision des couleurs ($p = 0,0282$). On remarque que les performances des enfants augmentent avec l'âge. En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 M = 5,54$; $ET = 0,66$; $[8;10[M = 5,77$; $ET = 0,50$ et $\geq 10 M = 5,8$; $ET = 0,50$. Cependant on n'observe pas de différence significative en comparant les groupes deux à deux ($p=1.0000$).



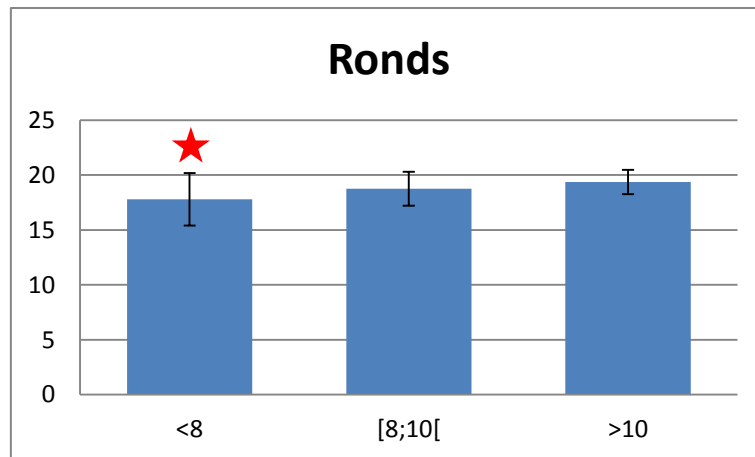
Graphique 14 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la vision des couleurs

On remarque un effet significatif global de l'âge sur l'épreuve de coordination visuo-motrice ($p = 0,0037$). En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 25,15$; $[8;10[= 26,43$ et $\geq 10 = 26,06$. Seule une différence significative ($p = 0,0047$) est observée, de telle sorte que le groupe $[8;10[$ (moyenne = 26,43 ; ET = 1,74) obtient un score plus élevé que le groupe <8 (moyenne = 25,15 ; ET = 2,38).



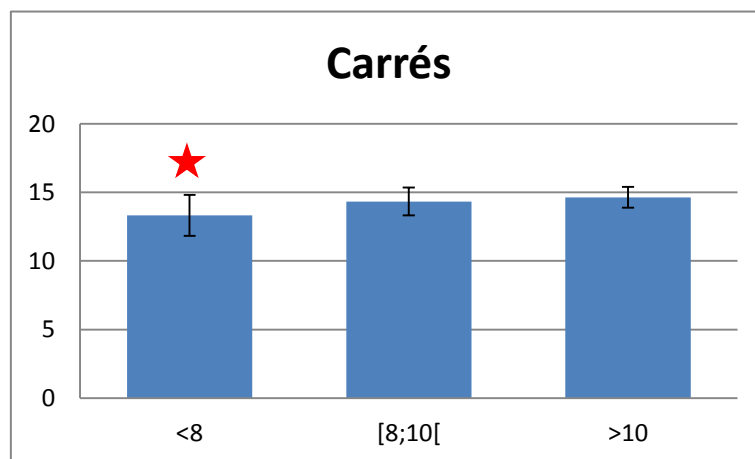
Graphique 15 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la coordination visuo-motrice

Un effet significatif global de l'âge est observé sur l'épreuve de recherche de ronds ($p = 0,0002$). En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 17,79$; $[8;10[= 18,75$ et $\geq 10 = 19,36$. De plus, on observe une différence significative entre le groupe <8 (moyenne = 17,79 ; ET = 2,39) et les groupes $[8;10[$ (moyenne = 18,75 ; ET = 1,53) ($p = 0,0269$) et ≥ 10 (moyenne = 19,36 ; ET = 1,11) ($p = 0,0008$) au profit de ces derniers. Les performances augmentent donc avec l'âge.



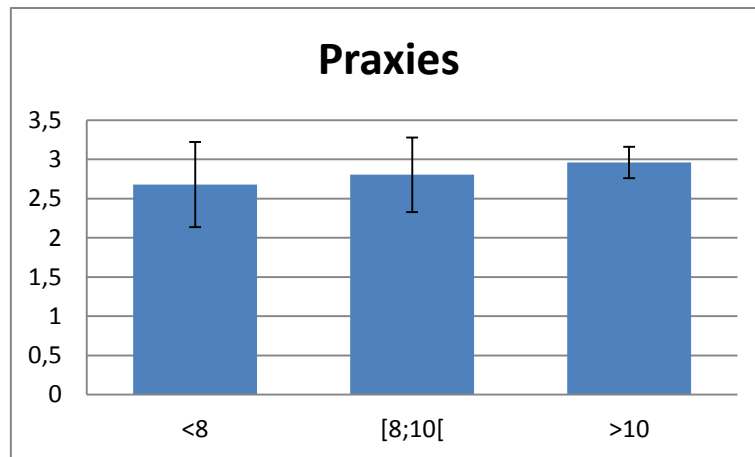
Graphique 16 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la recherche de ronds

Chez les enfants contrôle, on remarque un effet significatif global de l'âge sur l'épreuve de recherche de carrés ($p = 0,0000$), de telle sorte que les performances des enfants augmentent avec l'âge. En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 13,32$; $[8;10[= 14,33$ et $\geq 10 = 14,64$. De plus, une différence significative est observée entre le groupe <8 (*moyenne = 13,32 ; ET = 1,5*) et les groupes $[8;10[$ (*moyenne = 14,33 ; ET = 1,01*) ($p = 0,0005$) et ≥ 10 (*moyenne = 14,64 ; ET = 0,76*) ($p = 0,0001$) au profit de ces derniers.



Graphique 17 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle à la recherche de carrés

Chez les enfants contrôle, la variable âge a un effet significatif global sur l'épreuve de praxies ($p = 0,0287$) de telle sorte que les performances augmentent avec l'âge. En effet, les moyennes sont les suivantes : $<8 = 2,68$; $[8;10[= 2,8$ et $\geq 10 = 2,96$. Cependant on n'observe pas de différence significative en comparant les groupes deux à deux ($p=1.0000$).

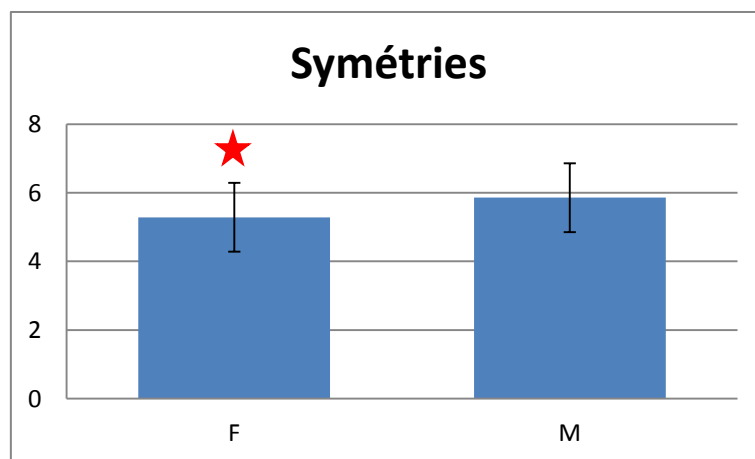


Graphique 18 : Effet de l'âge chez les enfants contrôle aux praxies

Nous observons donc globalement un effet d'âge dans la plupart des épreuves de notre batterie. Aussi, nous étudierons les prochains effets par tranche d'âge.

b. Effet du sexe par tranche d'âge

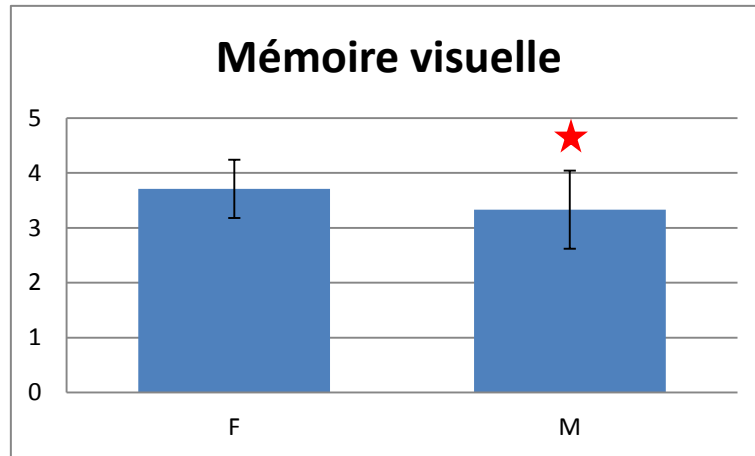
Dans la tranche d'âge des enfants de **<8 ans**, on remarque un effet significatif de la variable « sexe » ($p = 0,0153$) dans l'épreuve de symétries, tel que le groupe Masculin (*moyenne* = 5,86 ; *ET* = 0,36) obtient un score plus élevé que le groupe Féminin (*moyenne* = 5,29 ; *ET* = 0,94).



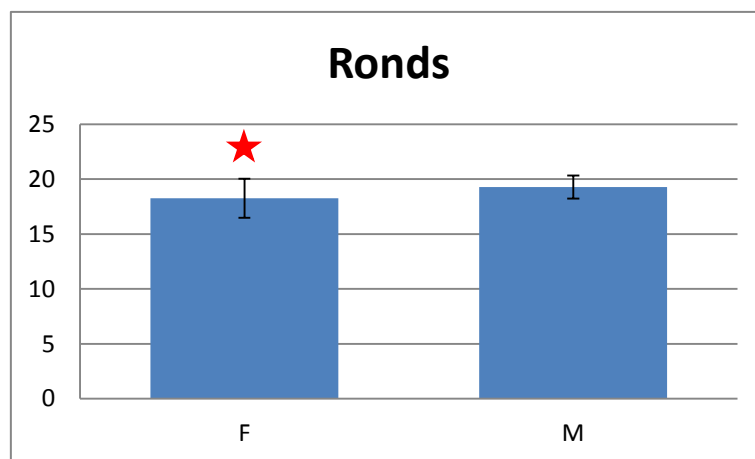
Graphique 19 : Effet du sexe chez les enfants contrôle <8 aux symétries

Chez les enfants appartenant à la tranche d'âge des **[8 ; 10[ans**, le sexe a un effet significatif pour l'épreuve de mémoire visuelle ($p = 0,0231$), tel que le groupe Féminin (*moyenne* = 3,71 ; *ET* = 0,53) obtient un score plus élevé que le groupe Masculin (*moyenne* = 3,33 ; *ET*

= 0,71). Au contraire, dans l'épreuve de recherche des ronds, le groupe Féminin (*moyenne* = 18,26 ; *ET* = 1,77) obtient un score significativement plus faible ($p = 0,0094$) que le groupe Masculin (*moyenne* = 19,27 ; *ET* = 1,05).

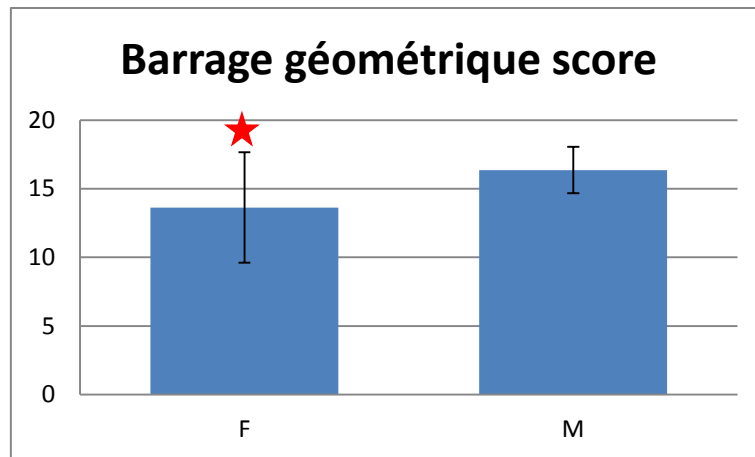


Graphique 20 : Effet du sexe chez les enfants contrôle [8 ; 10[à la mémoire visuelle



Graphique 21 : Effet du sexe chez les enfants contrôle [8 ; 10[à la recherche des ronds

Enfin, dans la tranche d'âge des enfants ≥ 10 ans, on n'observe un effet significatif de la variable sexe qu'au score du barrage de formes géométriques ($p = 0,0391$), tel que le groupe Masculin (*moyenne* = 16,36 ; *ET* = 1,69) a un score plus élevé que le groupe Féminin (*moyenne* = 13,64 ; *ET* = 4,03).

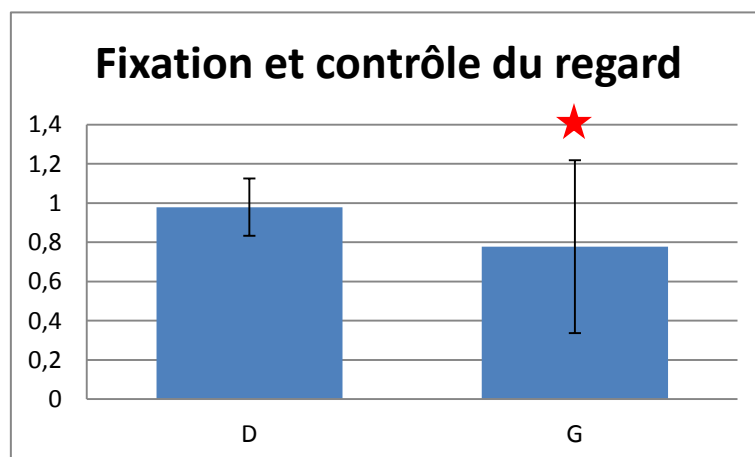


Graphique 22 : Effet du sexe chez les enfants contrôle ≥ 10 au score du barrage géométrique

c. Effet de la préférence manuelle par tranche d'âge

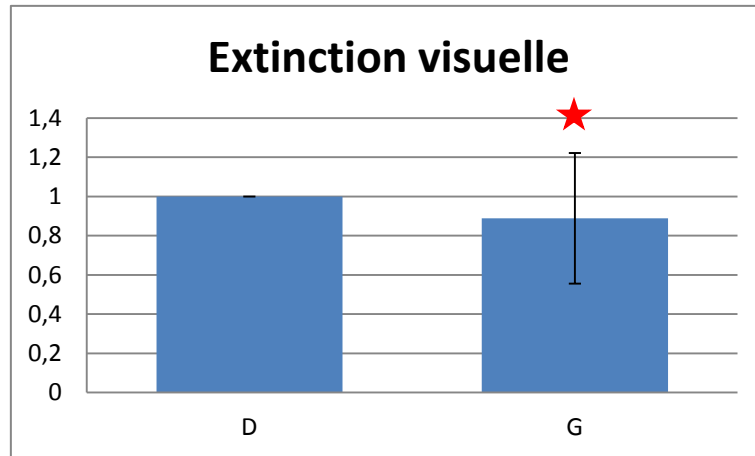
Notons d'abord que pour chaque groupe d'âge, les enfants sont répartis de manière équilibrée quant à leur sexe chez les droitiers et chez les gauchers. Les différences observées seront donc seulement dues à la préférence manuelle.

Chez les enfants contrôle de la tranche d'âge **<8 ans**, la variable préférence manuelle a un effet significatif sur l'épreuve de fixation et contrôle du regard ($p = 0,0151$) de telle sorte que le groupe Droitiers (*moyenne = 0,98 ; ET = 0,15*) obtient un score plus élevé que le groupe Gauchers (*moyenne = 0,78 ; ET = 0,44*).



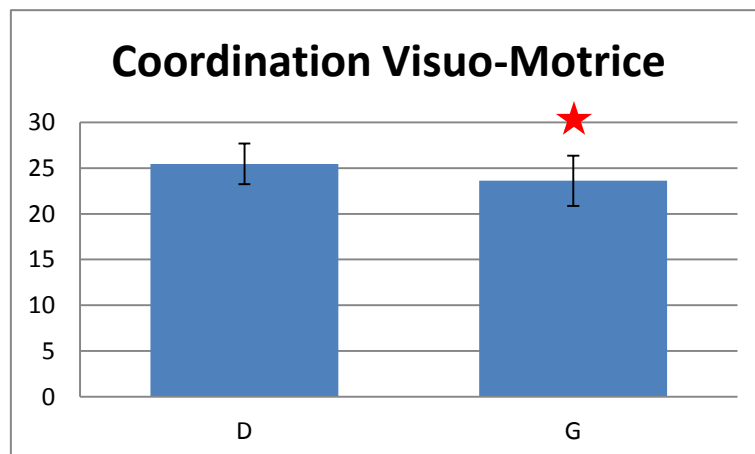
Graphique 23 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle < 8 à la fixation et au contrôle du regard

De même, le groupe Droitiers (*moyenne = 1 ; ET = 0*) obtient un score significativement plus élevé que le groupe Gauchers (*moyenne = 0,89 ; ET = 0,33*) à l'épreuve d'extinction visuelle ($p = 0,0223$).



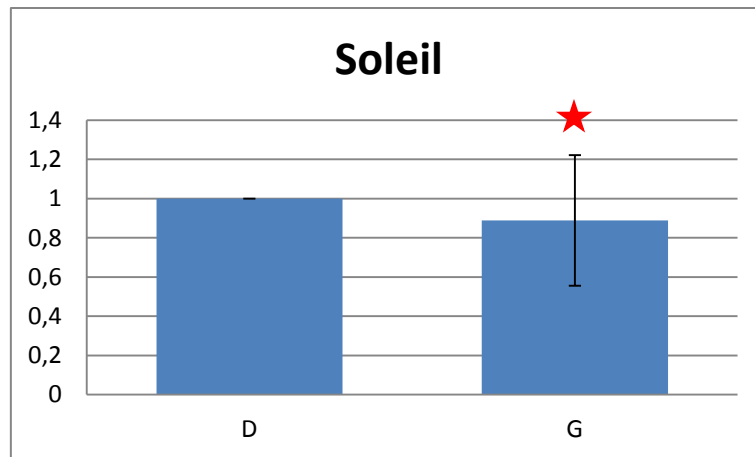
Graphique 24 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle <8 à l'extinction visuelle

A l'épreuve de coordination visuo-motrice ($p = 0,0462$), le groupe Droitier (*moyenne = 25,45 ; ET = 2,22*) obtient un score significativement plus élevé que celui du groupe Gaucher (*moyenne = 23,61 ; ET = 2,74*).



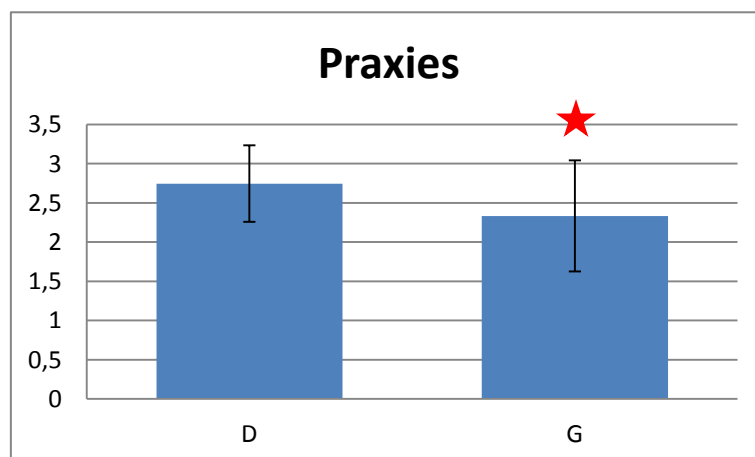
Graphique 25 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle <8 à la coordination visuo-motrice

Le groupe Droitier (*moyenne = 1 ; ET = 0*) est également significativement meilleur à l'épreuve de réalisation du soleil ($p = 0,0223$) que le groupe Gaucher (*moyenne = 0,89 ; ET = 0,33*).



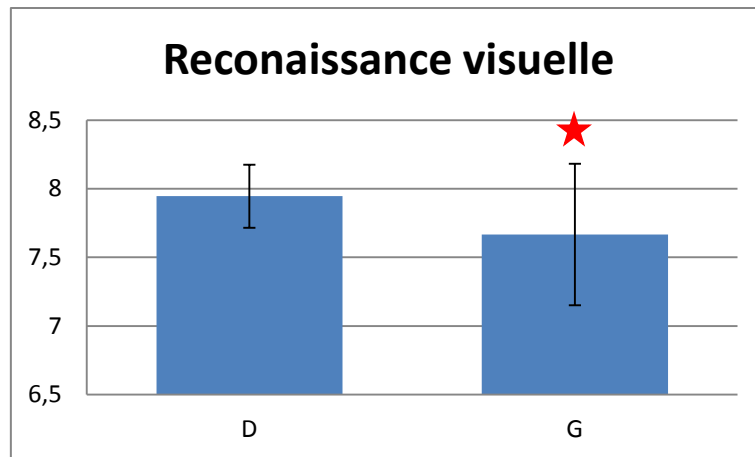
Graphique 26 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle <8 à la réalisation du soleil

Enfin, un effet significatif ($p = 0,0443$) est aussi retrouvé à l'épreuve des praxies, tel que le groupe Droitier (*moyenne* = 2,74 ; *ET* = 0,49) obtient un score plus élevé que le groupe Gaucher (*moyenne* = 2,33 ; *ET* = 0,71).



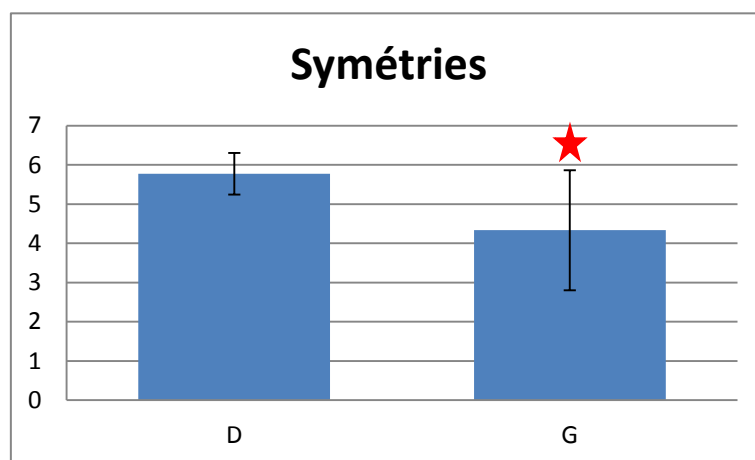
Graphique 27 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle <8 aux praxies

Dans la tranche d'âge des **[8 ;10[ans**, un effet significatif de la variable préférence manuelle n'est observé que sur les performances des enfants contrôle à l'épreuve de reconnaissance visuelle ($p = 0,0191$) : le groupe Droitier (*moyenne* = 7,95 ; *ET* = 0,23) obtient un score significativement plus élevé que le groupe Gaucher (*moyenne* = 7,67 ; *ET* = 0,52).



Graphique 28 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle [8 ;10[à la reconnaissance visuelle

Chez les enfants appartenant à la tranche d'âge ≥ 10 ans, un effet significatif de la préférence manuelle est observé à l'épreuve des symétries ($p = 0,0293$). En effet, le groupe Droitier ($moyenne = 5,77$; $ET = 0,53$) obtient un score plus élevé que le groupe Gaucher ($moyenne = 4,33$; $ET = 1,53$), significativement.

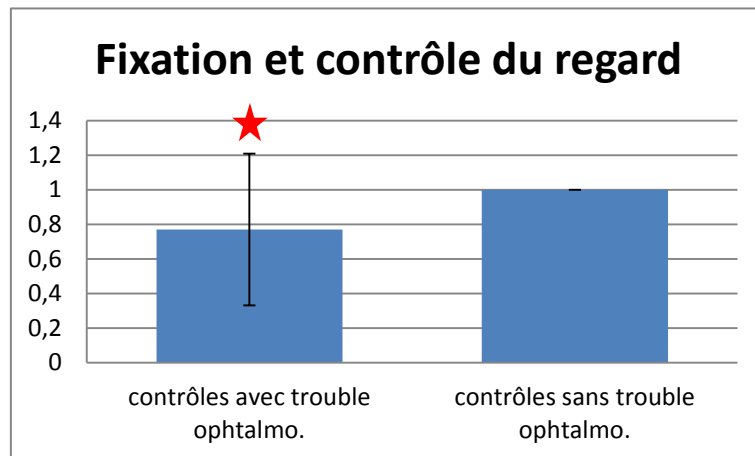


Graphique 29 : Effet de la préférence manuelle chez les enfants contrôle ≥ 10 aux symétries

d. Effet des troubles ophtalmologiques par tranche d'âge

Dans le groupe des enfants de < 8 ans, un effet significatif de la variable « troubles ophtalmologiques » est observé à l'épreuve de fixation et contrôle du regard ($p = 0,0013$), de telle sorte que les enfants contrôles sans trouble ophtalmologique ($moyenne = 1$; $ET = 0$) ont un score plus élevé que les enfants porteurs de troubles ophtalmologiques ($moyenne = 0,77$;

$ET = 0,44$).



Graphique 30 : Effet des troubles ophtalmologiques chez les enfants contrôle <8 à la fixation et au contrôle du regard

L'effet des troubles ophtalmologiques chez les enfants de la tranche d'âge [8 ; 10[ans sera analysé dans l'étude de l'effet de groupe. En effet, les performances des enfants porteurs de troubles ophtalmologiques seront comparées aux performances des enfants non porteurs de troubles ophtalmologiques et à celles des enfants porteurs de troubles neurovisuels.

Dans la tranche d'âge des ≥ 10 ans, aucun effet significatif de la variable « troubles ophtalmologique » n'est observé chez les enfants contrôles.

IV. Etude de l'effet du groupe chez les enfants de la tranche d'âge [8 ; 10[

L'analyse de variance concerne les trois groupes suivants :

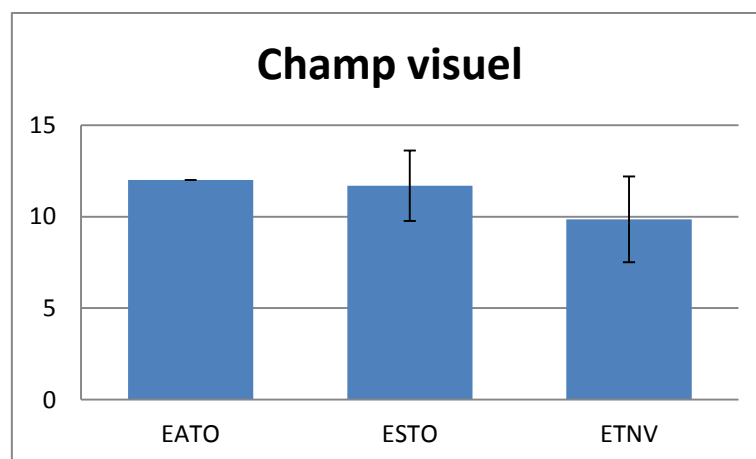
- Enfants contrôle sans trouble ophtalmologique (**ESTO**) : 39 sujets
- Enfants contrôle avec troubles ophtalmologiques (**EATO**) : 22 sujets
- Enfants avec troubles neurovisuels (**ETNV**) : 7 sujets

Aucun effet significatif du groupe n'est observé pour les épreuves suivantes :

- Réflexe photo-moteur
- Fixation et contrôle du regard
- Extinction visuelle

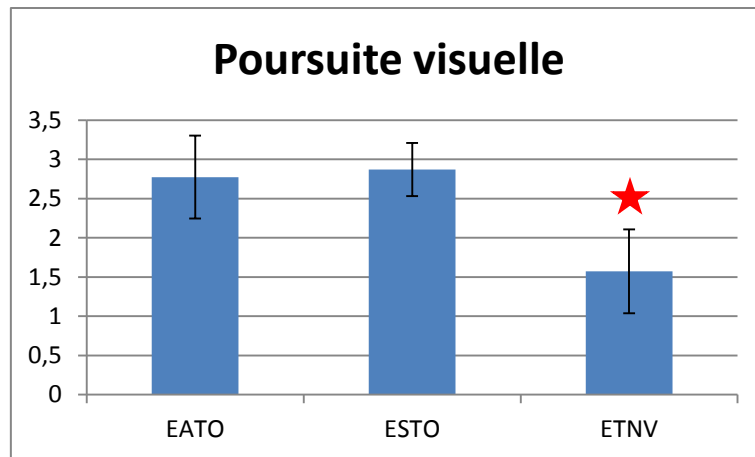
- Mémoire visuelle
- Barrage des bols score et temps
- Barrage des M score et temps
- Barrage géométrique score et temps
- Vision des couleurs
- Imagerie mentale
- Recherche des carrés
- Réalisation du soleil

En revanche, à l'épreuve du champ visuel, une différence significative globale est observée ($p = 0,0000$). Les moyennes et les écarts types pour les trois groupes sont les suivants : **ESTO** $M = 11,69$; $ET = 1,92$; **EATO** $M = 12$; $ET = 0$; **ETNV** $M = 9,86$; $ET = 2,43$.



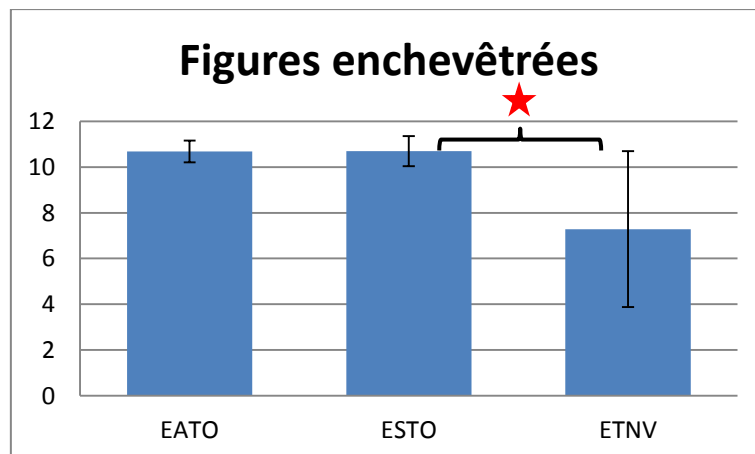
Graphique 31 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ; 10[au champ visuel

A l'épreuve de poursuite visuelle, en plus d'un effet significatif global ($p = 0,0000$), on note particulièrement une différence significative entre le groupe **ETNV** ($moyenne = 1,57$; $ET = 0,53$) et les groupes **ESTO** ($moyenne = 2,87$; $ET = 0,34$) ; $p = 0,0019$, et **EATO** ($moyenne = 2,77$; $ET = 0,53$) ; $p = 0,0003$. Les enfants porteurs de troubles neurovisuels ont donc des résultats significativement moins élevés que les enfants contrôle à cette épreuve.



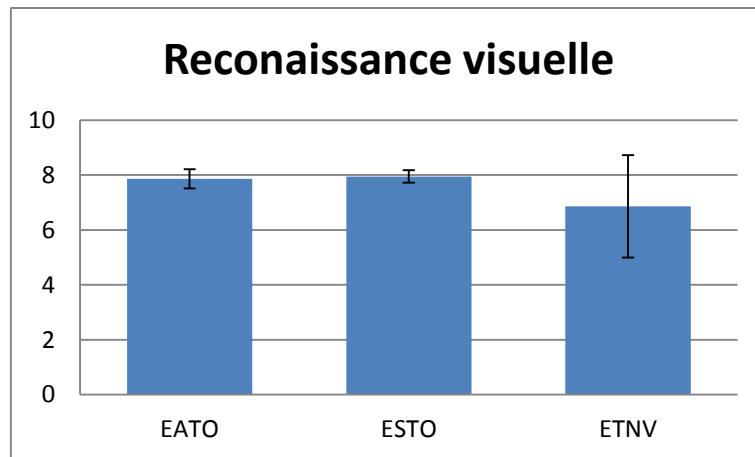
Graphique 32 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[à la poursuite visuelle

On observe à l'épreuve des figures enchevêtrées un effet significatif global du groupe ($p = 0,0057$), avec une différence significative ($p = 0,0277$) de telle sorte que les performances du groupe **ESTO** (moyenne = 10,69 ; $ET = 0,66$) sont meilleures que celles du groupe **ETNV** (moyenne = 7,29 ; $ET = 3,40$).



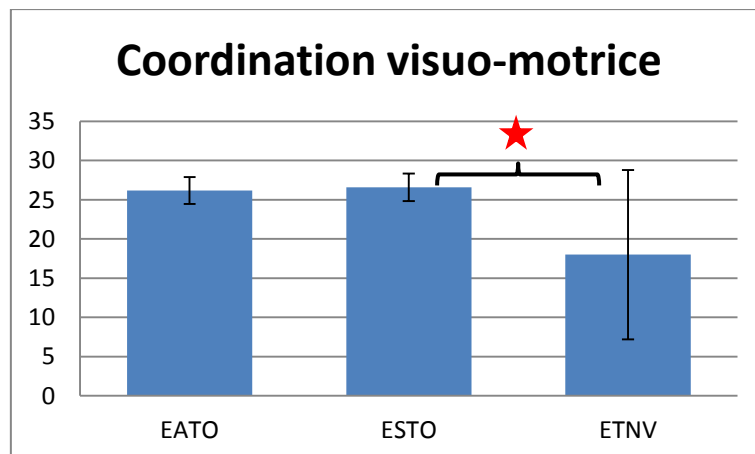
Graphique 33 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[aux figures enchevêtrées

A l'épreuve de reconnaissance visuelle, un effet global du groupe est observé ($p = 0,0109$). Les moyennes et les écarts types pour les trois groupes sont les suivants : **ESTO** $M = 7,95$; $ET = 0,22$; **EATO** $M = 7,86$; $ET = 0,35$; **ETNV** $M = 6,86$; $ET = 1,86$.



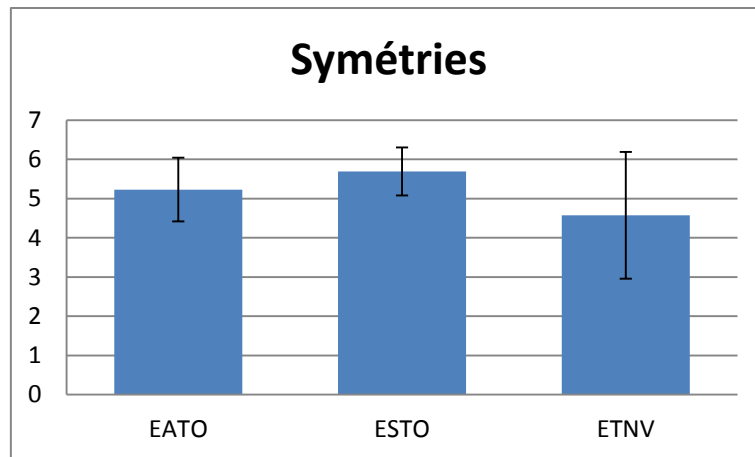
Graphique 34 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[à la reconnaissance visuelle

Les performances des différents groupes à l'épreuve de coordination visuo-motrice diffèrent de façon significative ($p = 0,0036$). Les enfants du groupe **ESTO** (*moyenne* = 26,59 ; *ET* = 1,75) obtiennent des résultats significativement supérieurs ($p = 0,0031$) aux enfants du groupe **ETNV** (*moyenne* = 18 ; *ET* = 10,79).



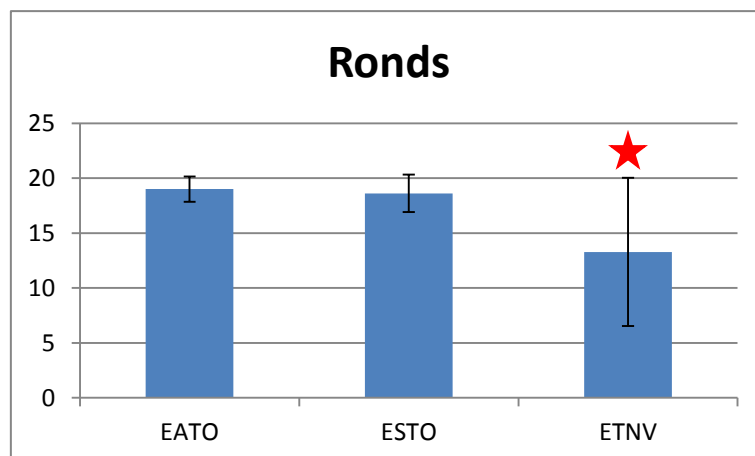
Graphique 35 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[à la coordination visuo-motrice

Nous notons également un effet global de groupe à l'épreuve de symétries ($p = 0,0112$). Les moyennes et écarts types des différents groupes sont les suivants : **ESTO** $M = 5,69$; $ET = 0,61$; **EATO** $M = 5,23$; $ET = 0,81$; **ETNV** $M = 4,57$; $ET = 1,62$.



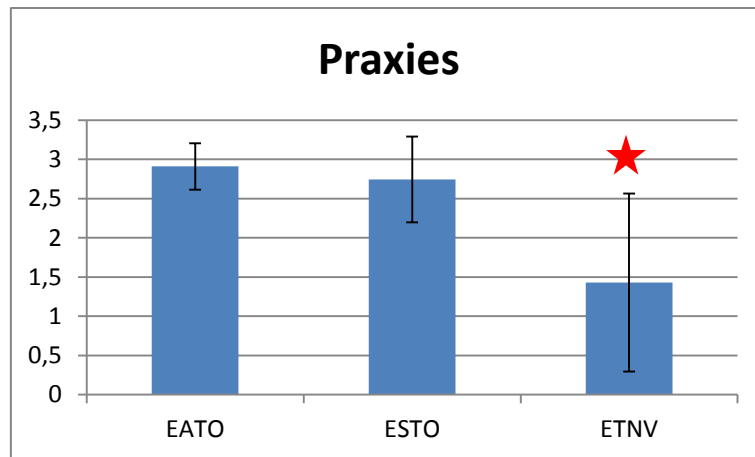
Graphique 36 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[aux symétries

Un effet de groupe global est observé à l'épreuve de recherche des ronds ($p = 0,0138$). On note plus particulièrement que le groupe **ETNV** (*moyenne* = 13,29 ; *ET* = 6,75) obtient des résultats significativement moins élevés que les groupes **ESTO** (*moyenne* = 18,62 ; *ET* = 1,71) ; $p = 0,0384$ et **EATO** (*moyenne* = 19 ; *ET* = 1,15) ; $p = 0,0195$.



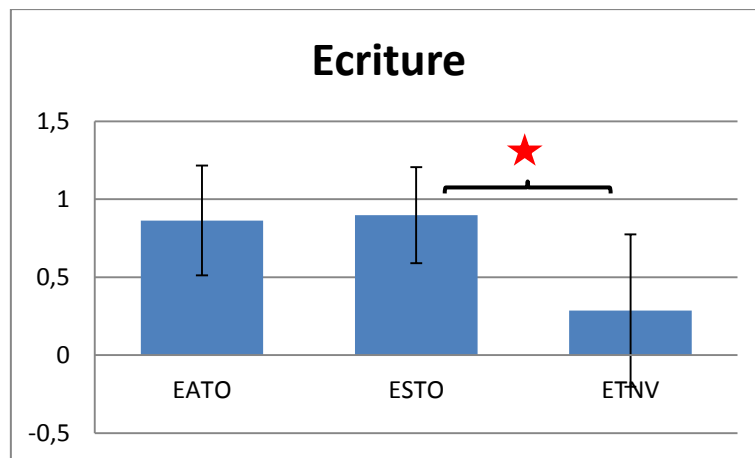
Graphique 37 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[à la recherche de ronds

A l'épreuve des praxies, un effet global du groupe est observable ($p = 0,0004$). Le groupe **ETNV** (*moyenne* = 1,43 ; *ET* = 1,13) obtient des résultats significativement moins élevés que les groupes **ESTO** (*moyenne* = 2,74 ; *ET* = 0,55) ; $p = 0,0384$ et **EATO** (*moyenne* = 2,91 ; *ET* = 0,30) ; $p = 0,0195$.



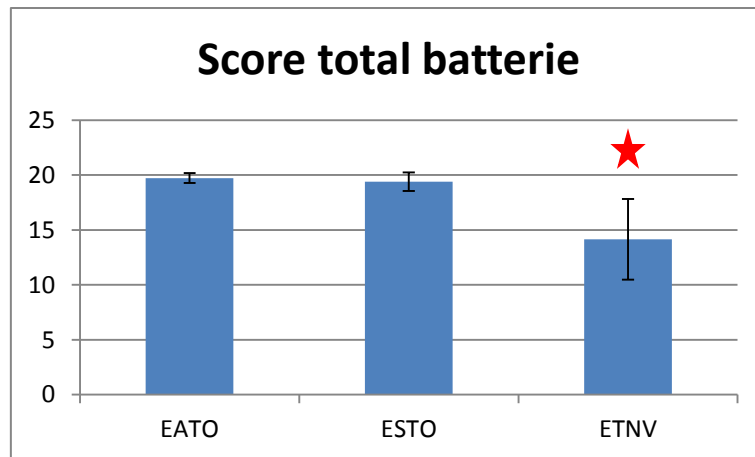
Graphique 38 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[aux praxies

On remarque également un effet global du groupe à l'épreuve d'écriture ($p = 0,0005$). Une différence significative ($p = 0,0311$) est notamment observable de telle sorte que le groupe **ESTO** (moyenne = 0,90 ; ET = 0,31) obtient des résultats supérieurs à ceux du groupe **ETNV** (moyenne = 0,29 ; ET = 0,49).



Graphique 39 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[à l'écriture

Enfin, au score total de la batterie, on note un effet significatif du groupe ($p = 0,0000$) : les enfants appartenant au groupe **ETNV** (moyenne = 14,14 ; ET = 3,67) obtiennent des résultats significativement moins élevés que les enfants des groupes **ESTO** (moyenne = 19,38 ; ET = 0,85) ; $p = 0,0011$ et **EATO** (moyenne = 19,72 ; ET = 0,46) ; $p = 0,0001$.



Graphique 40 : Effet du groupe dans la tranche d'âge [8 ;10[au score total

V. Etude des corrélations

On remarque des corrélations significatives entre certaines épreuves :

- Les épreuves des figures enchevêtrées, de recherche de ronds et de carrés sont corrélées.
- L'épreuve de fixation est significativement corrélée à la poursuite visuelle, au score à l'épreuve du barrage des M, au score à l'épreuve du barrage de formes géométriques, et aux figures enchevêtrées.
- L'épreuve de champ visuel est significativement corrélée à l'épreuve d'extinction et au score à l'épreuve de barrage de formes géométriques.
- L'épreuve d'extinction est inversement corrélée au temps de réalisation du barrage des bols de manière significative.
- L'épreuve de poursuite visuelle est inversement corrélée de manière significative avec le temps de réalisation à l'épreuve de barrage des « M ». Elle est également corrélée significativement aux épreuves de figures enchevêtrées, de recherche de ronds, et d'écriture.
- Les épreuves de mémoire visuelle, de reconnaissance visuelle et de figures enchevêtrées sont toutes significativement corrélées. Ces dernières sont également corrélées de manière significative avec le score à l'épreuve de barrage de formes géométriques.
- De plus, la mémoire visuelle est corrélée aux épreuves de réalisation du soleil et de recherche de carrés.

- Chaque score de barrage est corrélé au temps de réalisation de ce barrage. De plus tous les scores et tous les temps de chacun des trois barrages sont corrélés entre eux de manière significative à l'exception du score au barrage de formes géométriques et du temps de réalisation du barrage des M qui bien qu'étant corrélés aux autres scores et temps ne sont pas corrélés entre eux de manière significative.
- L'épreuve des figures enchevêtrées est corrélée aux différentes épreuves de barrages : d'une part, de façon positive avec les scores aux barrages des bols, de M et comme vu précédemment de formes géométriques ; d'autre part de façon négative avec le temps au barrage des M et le temps au barrage de formes géométriques. Enfin, cette épreuve est également corrélée aux épreuves de vision des couleurs, d'imagerie mentale et de coordination visuo-motrice.
- Le score à l'épreuve de barrage des bols est significativement corrélé aux épreuves de reconnaissance visuelle et de recherche de ronds.
- L'épreuve de recherche de carrés est inversement corrélée au temps de réalisation de chacun des barrages (bols, M, formes géométriques). Nous notons également une corrélation négative entre l'épreuve d'écriture et les temps de réalisation des barrages de M et de formes géométriques. L'épreuve de recherche de ronds est inversement corrélée au temps de réalisation du barrage de formes géométriques.
- Le score à l'épreuve de barrage de M est significativement corrélé aux épreuves de reconnaissance visuelle et de réalisation du soleil.
- L'épreuve de symétries est corrélée significativement aux épreuves de reconnaissance visuelle et d'imagerie mentale.
- L'épreuve de reconnaissance visuelle est corrélée de manière significative aux épreuves de recherche de carrés et de réalisation du soleil.
- L'épreuve de recherche de ronds est significativement corrélée à la coordination visuo-motrice et à l'imagerie mentale.
- L'épreuve de recherche de carrés est corrélée de manière significative à l'épreuve de réalisation du soleil.
- L'épreuve de recherche de ronds est significativement corrélée à l'épreuve de praxies.

Enfin, le score total à la batterie est corrélé significativement à toutes les épreuves sauf celles de mémoire visuelle, de vision des couleurs, de symétries, de recherche de carrés et de praxies.

VI. Etudes de cas

Pour les groupes d'âge des enfants de moins de 8 ans et de plus de 10 ans, nous n'avons pas pu tester suffisamment d'enfants porteurs de troubles neurovisuels pour effectuer des analyses de variance. Nous allons donc comparer les performances de chaque enfant neurovisuel de ces tranches d'âge aux performances moyennes de leur groupe d'âge.

a. Colin

Colin est âgé de 7 ans 3 mois au moment du bilan, il est scolarisé à l'école Steiner. Il fait partie du groupe des enfants porteurs de troubles neurovisuels et est pris en charge à la Fondation Ophthalmologique de Rothschild. On note une suspicion d'anoxie cérébrale à la naissance.

Pré-test :

Colin est droitier.

Batterie :

Nous allons comparer les résultats de Colin aux différentes moyennes de son groupe d'âge <8. Le réflexe photo-moteur est conservé, il obtient le score maximum. En effet Colin ne souffre pas de cécité périphérique.

En fixation, il obtient le score de 1/1, la moyenne des enfants de son âge étant fixée à 0,95/1, il se situe au-dessus.

Il obtient également tous les points au champ visuel ainsi qu'à l'extinction visuelle. Les enfants de son groupe d'âge ont des moyennes respectivement de 11,96 et de 0,98. Effectivement, Colin ne souffre pas d'amputation du champ visuel ni d'extinction visuelle.

Pour l'épreuve de poursuite visuelle, il ne parvient pas à garder les yeux sur la cible, et ses saccades ne sont pas toujours très fluides. En revanche il parvient à maintenir sa tête immobile et obtient donc un score de 1/3, inférieur à la moyenne des enfants de son groupe d'âge (2,39).

Ses compétences en mémoire visuelle semblent être conservées, il obtient en effet le score maximum à l'épreuve, le situant au-dessus de la moyenne des enfants de son groupe, qui a été établie à 3,21/4.

Concernant les différentes épreuves de barrage (bols, M et formes géométriques), Colin

obtient des scores supérieurs à la moyenne des enfants de son âge en performance, mais au prix d'un temps d'exécution de la tâche bien plus long. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que cet enfant soit pris en charge pour ses difficultés neurovisuelles : il a donc pu mettre en place avec son orthophoniste des stratégies de compensation.

Malgré une absence de simultagnosie chez Colin, nous remarquons que son score aux figures enchevêtrées est en dessous de la moyenne des enfants de son groupe, il obtient 9/11 la moyenne étant située à 9,75/11.

Pour l'épreuve de reconnaissance visuelle, Colin obtient un score légèrement en deçà de la moyenne des enfants de son âge, qui est fixée à 7,75/8. Il échoue à un item, probablement à cause d'un défaut d'attention.

Concernant les épreuves de vision des couleurs, d'imagerie mentale et de coordination visuo-motrice, Colin obtient des scores supérieurs à la moyenne des enfants de son groupe, respectivement 6/6 par rapport à 5,54 ; 6/6 par rapport à 5,89 et 27/28 par rapport à 25,15.

Sa production à l'épreuve du soleil ne met pas évidence de négligence, il obtient en effet le score maximum (1/1) à l'épreuve, en regard de la moyenne située à 0,98.

Son erreur à un item de l'épreuve de symétries le situe en dessous de la moyenne des enfants de son âge, il obtient 5/6 avec une moyenne du groupe à 5,57.

Pour l'épreuve de détection des ronds, il obtient un score de 16/20, en dessous de la moyenne des enfants de son groupe d'âge, fixée à 17,79. On envisage ici de noter encore des difficultés d'attention : en effet Colin commence à se lever et à s'agiter.

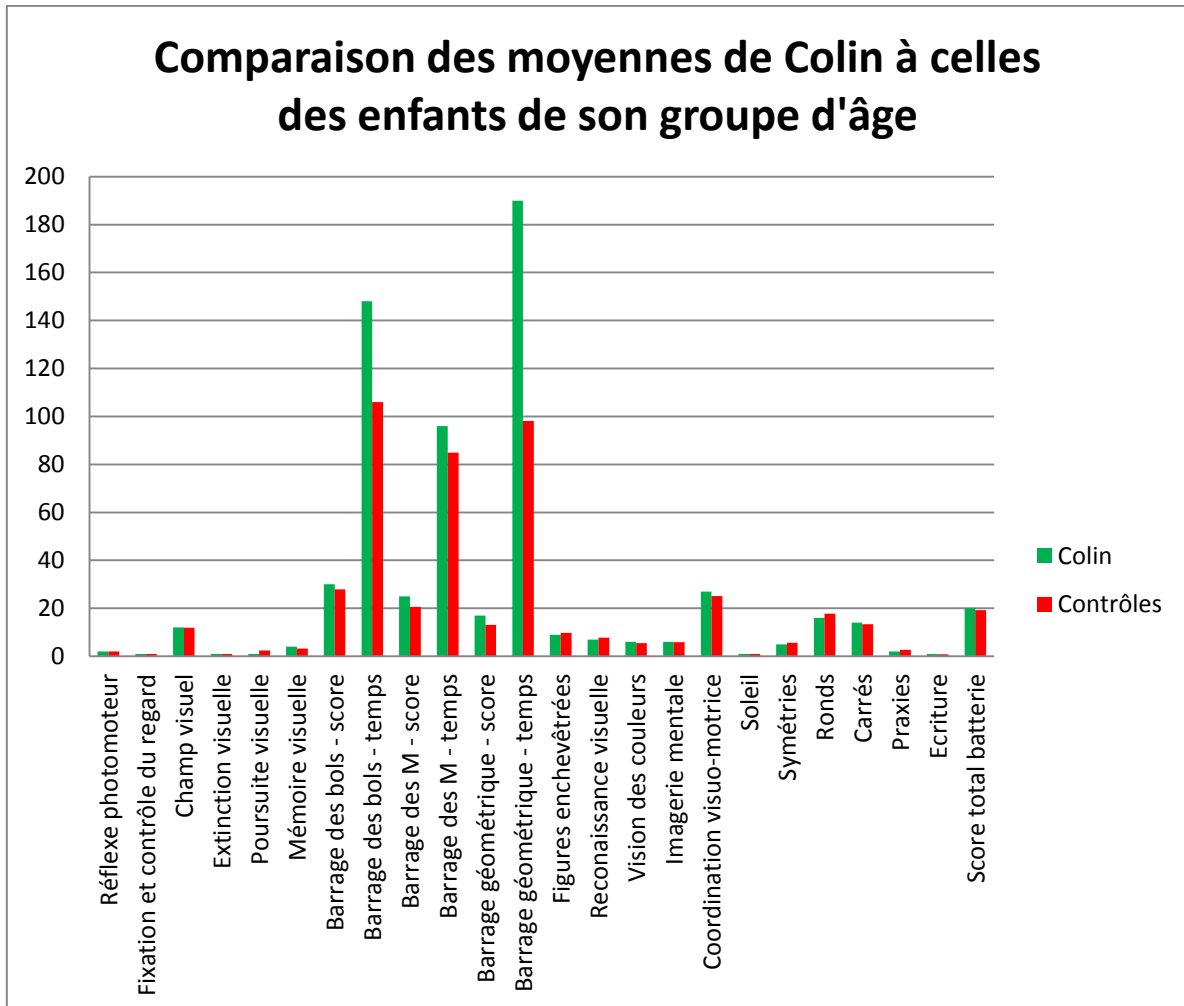
Après un retour au calme, il obtient un score de 14/15 à l'épreuve suivante des carrés, le situant au-dessus des enfants de son groupe, qui obtiennent en moyenne 13,39 sur 15 à cette épreuve.

En testant ses capacités praxiques, on remarque que son score est inférieur à la moyenne des enfants de son groupe. Il réussit en effet 2 praxies sur 3, cependant la moyenne a été arrêtée à 2,68/3.

Enfin il obtient le score maximum à l'épreuve d'écriture ce qui le situe au-dessus de la moyenne des enfants du même âge fixée à 0,77/1.

Malgré certains résultats en dessous de la moyenne des enfants de son groupe, Colin réussit toutes les épreuves de la batterie. Ces bons résultats peuvent être attribué au fait qu'il suit une rééducation orthoptique, et qu'il est vu de temps en temps à la Fondation Ophthalmologique Rothschild pour ses troubles neuro-visuo-attentionnels. Il a ainsi pu mettre en place des stratégies compensatoires efficace afin de palier ses troubles.

Si l'effet de la rééducation est perceptible pour un certain nombre de tâches chez Colin, on remarque qu'il demeure beaucoup plus lent que les enfants de son âge. On peut donc penser que les processus qui ont été récupérés ne sont pas encore automatisés.



Graphique 41 : Comparaison des moyennes de Colin à celles des <8

b. Chloé

Chloé est âgée de 10 ans 5 mois au moment du bilan, elle est scolarisée en CM2. Elle est prise en charge à la Fondation Ophtalmologique Rothschild notamment pour des difficultés visuo-constructives.

Pré-test :

Chloé est droitrière et a une bonne acuité visuelle.

Batterie :

Chloé obtient le maximum des points aux subtests : réflexe photo-moteur, fixation, champ visuel et extinction visuelle. Elle est donc logiquement au même score voire au-dessus des moyennes des enfants de son groupe d'âge. Etant âgée de 10 ans 5 mois nous la comparons au groupe d'âge ≥ 10 ans.

En poursuite visuelle, Chloé obtient un score de 2/3 : ses saccades manquent en effet de fluidité, cela la situe en deçà des performances moyennes des enfants de son groupe (3/3).

Pour l'épreuve de mémoire visuelle, elle obtient le score maximum. Elle est donc au-dessus de la moyenne des enfants de son groupe, fixée à 3,72/4.

Nous remarquons également que malgré de meilleurs scores que la moyenne aux trois épreuves de barrage, elle met visiblement plus de temps que les enfants de son groupe d'âge, en moyenne, pour réaliser cette tâche. Tout comme Colin précédemment, Chloé a pu mettre en place des stratégies exploratoires efficaces en rééducation.

A l'épreuve des figures enchevêtrées, elle obtient le score de 10/11, ce qui la situe en-dessous de la moyenne des enfants de son groupe.

Concernant les épreuves de reconnaissance visuelle, de vision des couleurs, et de imagerie mentale, elle obtient le maximum des points. Ces scores sont donc au-dessus des moyennes des enfants de son âge. Les moyennes respectives sont de 7,92/8, 5,8/6 et 6/6.

Pour l'épreuve de coordination visuo-motrice, Chloé obtient le score de 27,5/28, au-dessus de la moyenne des enfants de son groupe située à 26,08.

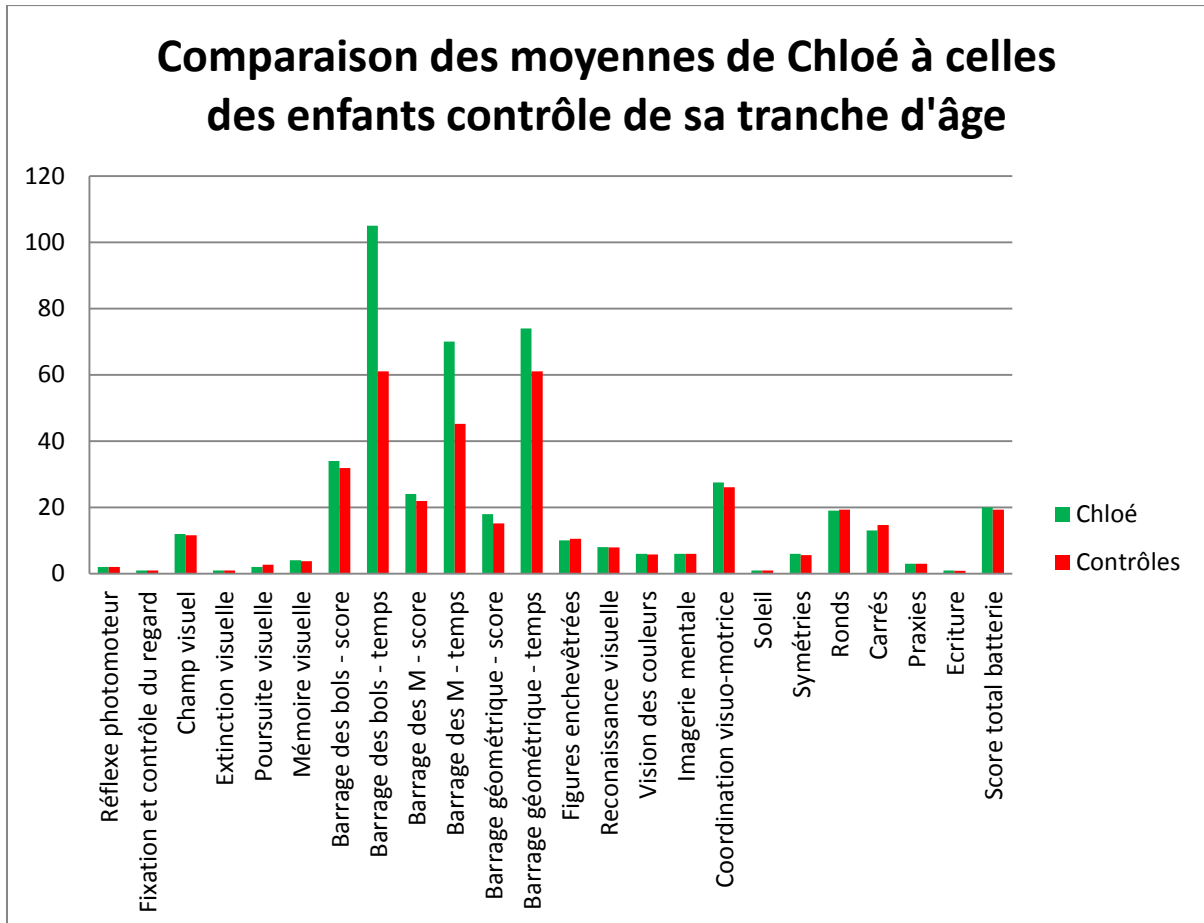
Cette fois encore, elle obtient le score maximum aux épreuves de soleil et de symétries, la plaçant au-dessus des performances moyennes des enfants de son groupe.

En revanche aux épreuves des ronds et des carrés, pour lesquelles elle obtient respectivement 19/20 et 13/15, elle est située en deçà des performances des enfants de son âge, qui obtiennent des moyennes respectivement de 19,36/20 et 14,64/15. Ceci est tout à fait cohérent avec son score aux figures enchevêtrées.

Pour finir Chloé obtient le maximum des points aux praxies ainsi qu'à l'écriture. Elle se place donc au-dessus de la moyenne des enfants de son âge pour ces épreuves.

Tout comme Colin, Chloé n'échoue aucune épreuve à la batterie si on compare ses performances aux scores seuil. Cela peut être justifié par sa prise en charge à la Fondation, et par le fait que la batterie n'évalue pas spécifiquement les compétences visuo-constructives : aucune épreuve ne la met donc réellement en difficulté. Cependant, il existe déjà des tâches

étalonnées pour évaluer les praxies constructives telles que la figure de Rey enfant. Comme pour Colin, nous remarquons que Chloé est plus lente pour réaliser les épreuves. Si sa rééducation lui permet d'obtenir des scores non pathologiques, les processus qu'elle met en jeu sur le plan attentionnel sont a priori encore coûteux et non automatisés.



Graphique 42 : Comparaison des moyennes de Chloé à celles des ≥ 10

DISCUSSION

Etude des scores seuil

Nous avons dans un premier temps établi les scores seuil pour les différentes épreuves de la batterie.

Il faut tout d'abord prendre en compte que les tranches d'âge <8 ans et [8 ;10[ans sont composées de respectivement 59 et 64 sujets, tandis que la tranche d'âge des enfants ≥ 10 ans est constituée de 26 sujets. Certains résultats peuvent éventuellement être expliqués par cette différence d'effectifs.

Pour les épreuves de champ visuel, de barrage de figures géométriques et de coordination visuo-motrice, malgré des discordances sur la répartition des scores seuils, aucune différence significative parmi les groupes d'âge concernés n'est retrouvée lors de l'analyse de variance.

Pour l'ensemble des épreuves restantes, les scores seuil se maintiennent ou augmentent avec l'âge, tel que nous l'attendions.

Notre première hypothèse était que nous observerions un effet de l'âge tel que les groupes d'âges les plus jeunes auront des résultats moins bons que les groupes d'âge les plus âgés.

Nous n'observons aucun effet significatif de l'âge pour les épreuves de réflexe photomoteur, de fixation et contrôle du regard et d'extinction. Ce résultat est attendu. En effet, le réflexe photomoteur est en place dès la naissance, et les capacités de fixation et de contrôle du regard sont fonctionnelles dès 2/3 mois. Il n'y a pas d'effet de l'âge non plus pour les épreuves de reconnaissance visuelle, d'imagerie mentale, et de symétries. En effet, les enfants de moins de 8 ans sont déjà très performants à ces trois épreuves : il est donc logique de ne pas retrouver d'effet significatif de l'âge. On peut ainsi imaginer que ces subtests ne sont pas assez difficiles pour révéler un effet de l'âge. Cependant, l'objectif n'est pas de mettre les enfants en échec : cela créerait des faux positifs, c'est-à-dire des enfants contrôle dépistés à tort car les épreuves sont trop difficiles. Par ailleurs, l'absence d'effet d'âge sur ces épreuves provient également de l'absence de temps limite. On peut en effet faire l'hypothèse que même si ces

processus sont acquis chez l'enfant jeune, ils s'automatisent avec l'âge et peuvent donc être réalisés plus rapidement.

Enfin, aucun effet de l'âge n'est retrouvé aux épreuves de réalisation du soleil et d'écriture. La première épreuve sert à objectiver une négligence, et la qualité du graphisme n'est prise en compte pour aucun de ces deux subtests. Cela explique donc qu'il n'y ait pas de différence de performance entre les groupes d'âge.

D'après l'analyse statistique, on note un effet de l'âge significatif global à l'épreuve du champ visuel : les moyennes sont inversement proportionnelles à l'augmentation de l'âge. Cet effet pourrait être dû à plus de sévérité de notre part devant les enfants les plus grands ou encore à une moins grande attention des enfants plus grands au cours de cette tâche.

A l'épreuve de poursuite visuelle, on note une différence significative entre les enfants de moins de 8 ans et ceux de la tranche d'âge [8 ;10]. La poursuite visuelle est donc de meilleure qualité chez les enfants les plus grands. Cela pourrait s'expliquer par une plus grande automatisation de l'exploration visuelle en lecture.

Aux trois épreuves de barrages, on retrouve systématiquement une différence significative de performances en score entre les tranches d'âge <8 et [8 ;10]. Pour les barrages de bols et de formes géométriques, des différences sont également objectivées entre les tranches d'âge <8 et ≥10. Le temps de réalisation de ces trois barrages diffère significativement entre la tranche d'âge des enfants de plus de 10 ans et les deux autres groupes d'âge. Cette évolution des performances avec l'âge peut être expliquée par une automatisation des stratégies de lecture dans la recherche de cibles.

Un effet significatif de l'âge est aussi retrouvé aux épreuves de recherche de ronds et de carrés, entre les enfants de moins de 8 ans et les deux tranches d'âge supérieures. Les compétences d'analyse visuelle semblent donc se préciser avec l'âge. Nous pouvons faire la même observation à propos de l'épreuve des figures enchevêtrées, qui permet d'objectiver le même type de compétences. Ces trois tâches sont d'ailleurs corrélées. Dans la littérature, des auteurs décrivent un effet similaire chez les enfants de 4 à 7 ans (*Vilayphonh et al., 2013*) [63]. De plus, *Elleberg et al.* précisent qu'une évolution des habiletés de discrimination spatiale est observable jusqu'à la fin de l'enfance. (*Elleberg et al., 2012*) [34]

Les performances des enfants aux épreuves de vision des couleurs et de praxies augmentent de manière significative avec l'âge. En effet, la vision des couleurs nécessite des connaissances conceptuelles : l'échec à cette épreuve peut être imputé à une méconnaissance de la couleur prototypique de l'objet présenté. Concernant l'épreuve des praxies, on sait que la motricité fine s'affine avec l'âge : ces résultats étaient donc attendus. Il en est de même pour l'épreuve de coordination visuo-motrice que nous avons vue précédemment.

On observe donc, pour la majorité des épreuves, que les enfants de moins de 8 ans obtiennent des scores plus faibles que ceux des tranches d'âge supérieures. En revanche, aucune différence significative n'est notable entre les tranches d'âge [8 ;10[et ≥ 10 , même lorsque les performances moyennes des plus grands sont inférieures à celles des [8 ;10[. On remarque donc que les scores aux différentes épreuves se stabilisent à partir de 8 ans. Mais ces résultats sont à nuancer, du fait du faible effectif de la tranche d'âge des enfants de plus de 10 ans. De plus, nous n'avons contrôlé ni le niveau socio-culturel ni le milieu de vie des enfants, quand bien même ils n'avaient pas d'influence sur les performances des sujets pour la batterie EVA.

L'âge n'a pas d'effet significatif sur le score total à la batterie. Ce score total est élaboré en fonction du nombre d'épreuves réussies. Aussi, les scores seuil déterminant la réussite ou l'échec d'une épreuve sont adaptés à la tranche d'âge considérée. Il est donc logique de ne pas retrouver de différence significative liée à l'âge.

Au regard des explications précédentes, notre hypothèse est validée.

Notre deuxième hypothèse supposait qu'on ne retrouverait pas d'effet de la variable « sexe » chez les enfants contrôle.

Chez les enfants de moins de 8 ans, un effet de sexe significatif n'est observé que dans l'épreuve de symétries, au profit des garçons. Cela pourrait être expliqué par le fait qu'on attribue de meilleures compétences de traitement spatial aux garçons (*Kolb et Whishaw, 2002*). [42]

Pour les mêmes raisons, chez les enfants ayant entre 8 et 10 ans, les garçons sont significativement meilleurs que les filles à l'épreuve de recherche de ronds. Au contraire, il existe un effet du sexe significatif au profit des filles pour l'épreuve de mémoire visuelle. Au

vu des comportements observés lors des passations, on peut imaginer que les petites filles sont moins impulsives que les garçons, ce qui leur évite quelques erreurs. Chez les enfants de plus de 10 ans, un effet de la variable « sexe » n'est observé que dans l'épreuve de barrage de formes géométriques. Cette différence, comme précédemment, peut être expliquée par les habiletés spatiales des garçons.

Dans toutes les autres épreuves, aucune différence significative n'est observée quant à la variable « sexe ». Aussi, n'ayant que très peu d'épreuve pour lesquelles le sexe a un effet significatif sur les performances des enfants, nous pouvons considérer notre hypothèse comme globalement confirmée. Cela permet d'avoir les mêmes normes quel que soit le sexe de l'enfant testé, comme pour la plupart des tests déjà existants.

Notre troisième hypothèse affirmait qu'on ne retrouverait pas d'effet significatif de la préférence manuelle aux résultats des enfants à la batterie.

Dans le groupe d'âge <8 ans, les droitiers sont significativement meilleurs aux épreuves de fixation et contrôle du regard, d'extinction visuelle, de coordination visuo-motrice, de réalisation de soleil et de praxies.

Chez les enfants du groupe d'âge [8 ;10[ans, une différence significative de la variable « préférence manuelle » n'est observée qu'à l'épreuve de reconnaissance visuelle, pour laquelle les droitiers obtiennent des scores plus élevés que les gauchers.

Chez les enfants de plus de 10 ans, seuls les résultats à l'épreuve des symétries diffèrent significativement selon la variable « préférence manuelle », au profit des droitiers.

Cependant, la littérature précise que les gauchers ont de meilleures compétences en motricité fine (Nalçaci et al., 2001)[51] et en traitement spatial (Burnett et al., 1982) [13]. Pour certaines épreuves, les différences observées semblent dues au comportement atypique de certains gauchers de notre population. Pour comprendre ces effets, il faudrait donc étudier une plus grande population de gauchers : leur effectif dans notre étude est en effet bien moindre à celui des droitiers.

Malgré tout, la préférence manuelle n'a aucune incidence significative sur le score total de la batterie, quelle que soit la tranche d'âge. Notre hypothèse de départ est donc confirmée.

Notre quatrième hypothèse était que la variable « troubles ophtalmologiques » n'aurait pas d'influence significative sur les résultats à la batterie.

Une différence significative n'est observée que dans l'épreuve de fixation et contrôle du regard chez les enfants de moins de 8 ans, au profit des enfants sans trouble ophtalmologique. D'après Vilayphonh et al. (2013) [63], les jeunes enfants porteurs de troubles ophtalmologiques sont moins performants dans les tâches visuo-spatiales et attentionnelles que les enfants sans trouble ophtalmologique. Cet article précise également qu'à 7 ans, seul un déficit attentionnel persiste : ces capacités sont mises en jeu dans l'épreuve de fixation et contrôle du regard.

Dans les autres tranches d'âge, aucune différence significative n'est relevée. Notre hypothèse de départ est donc globalement vérifiée. La batterie pourra être administrée aux enfants porteurs de troubles ophtalmologiques dont l'acuité est corrigée.

Notre cinquième hypothèse était que nous trouverions parmi la population contrôle des enfants en difficulté, susceptibles d'être porteurs de troubles neurovisuels.

La batterie a permis de dépister sept enfants, qui ont obtenu un score total égal ou inférieur au score seuil établi pour leur tranche d'âge. Ce chiffre est cependant à nuancer. En effet, parmi ces sept enfants, cinq présentent une mauvaise acuité visuelle au test préliminaire de Rossano-Weiss. Il nous paraît donc important de les orienter vers un ophtalmologiste afin de réaliser un bilan complet. Effectivement, une mesure plus précise donc plus fiable permettrait de confirmer ou d'infirmer une atteinte périphérique des voies visuelles.

Toutefois, ces sept enfants dépistés représentent 4,7% des enfants tout-venant testés, ce qui correspond environ aux données épidémiologiques actuelles, selon lesquelles 3 à 4% des enfants seraient porteurs de troubles neurovisuels.

Notre sixième hypothèse affirmait que les enfants porteurs de troubles neurovisuels obtiendraient des scores significativement moins bons à la batterie que les enfants contrôle.

Nous avons comparé les performances des enfants porteurs de troubles neurovisuels à celles des enfants contrôle ayant ou non des troubles ophtalmologiques dans la tranche d'âge [8 ;10[ans. On n'observe aucun effet de groupe significatif aux épreuves de :

- Réflexe photomoteur : en effet, ce réflexe est aboli en cas d'atteinte visuelle rétino-chiasmatique, donc non centrale. Ce type d'atteinte ne concernait aucun des enfants que nous avons vus.
- Fixation et extinction visuelle : la fixation est très entraînée en rééducation, et selon les dossiers des patients porteurs de troubles neurovisuels, aucun ne présente d'extinction visuelle.
- Mémoire visuelle : les échecs de la population contrôle nous semblent majoritairement provoqués par une certaine impulsivité. De plus, les enfants porteurs de troubles neurovisuels étaient reçus à la Fondation Rothschild : ils se sentaient peut-être plus en situation de test que les enfants contrôle et faisaient plus attention.
- Vision des couleurs : cette épreuve est très spécifique et permet de mettre en évidence un trouble de la reconnaissance des couleurs. Les enfants porteurs de troubles neurovisuels ne présentaient pas ce type de trouble.
- Imagerie mentale : les résultats tendent cependant vers la significativité ($p = 0,06$).
- Recherche de carrés : on peut supposer que cette épreuve n'est pas assez sensible.
- Réalisation du soleil : nous n'avons vu qu'un patient négligent, rééduqué de longue date : il peut donc désormais compenser ses troubles et n'échoue pas l'épreuve.
- Barrages : les enfants neurovisuels sont suivis en rééducation. Les épreuves de barrage étant très travaillées, ces enfants ont donc probablement mis en place des stratégies compensatoires.

Supposant un effet de rééducation sur les épreuves précédentes, nous avons comparé les moyennes des enfants dépistés à celles des enfants diagnostiqués et pris en charge, et à celles des enfants contrôle : majoritairement, les enfants dépistés ont des scores inférieurs à ceux des enfants porteurs de troubles neurovisuels diagnostiqués, ce qui confirme notre supposition.

De plus, on remarque globalement de grosses disparités de performances au sein du groupe neurovisuel, notamment à propos des temps de barrage. Aussi, les écarts types sont très grands, ce qui rend les différences non significatives.

Un effet global significatif du groupe est notable dans les épreuves de champ visuel, de reconnaissance visuelle et de symétries.

Les enfants du groupe neurovisuel obtiennent des résultats significativement inférieurs à ceux des enfants contrôle pour les épreuves de poursuite, de recherche de ronds et de praxies.

En outre, pour les épreuves de figures enchevêtrées, de coordination visuo-motrice et d'écriture, le groupe des enfants porteurs de troubles neurovisuels obtient des résultats inférieurs :

- significativement au groupe des enfants contrôle sans trouble ophtalmologique
- qui tendent vers la significativité lorsque comparés au groupe des enfants contrôle avec troubles ophtalmologiques. (Figures enchevêtrées $p = 0,084$, Coordination visuo-motrice $p = 0,059$, Ecriture $p = 0,066$)

Enfin, les enfants porteurs de troubles neurovisuels obtiennent un score total à la batterie significativement inférieur à celui des enfants contrôle. Notre hypothèse s'en voit donc confirmée : la batterie est sensible aux principaux troubles neurovisuels (de la détection à l'analyse visuelle) et semble constituer un outil de dépistage efficace, même pour des enfants déjà suivis en rééducation et soumis à des exercices proches des épreuves proposées.

Etude des corrélations

On remarque que les performances à l'épreuve du champ visuel sont très corrélées à celles de l'extinction visuelle. En effet, une altération du champ visuel empêche d'objectiver correctement une absence d'extinction visuelle. De plus, l'extinction visuelle teste également la détection visuelle.

En outre, les épreuves de mémoire visuelle, de reconnaissance visuelle et de figures enchevêtrées sont corrélées entre elles. Ces corrélations sont attendues car les habiletés de reconnaissance et de discrimination visuelle sont mises en jeu dans chacun de ces trois subtests.

Les épreuves de figures enchevêtrées, de recherche de ronds et de recherche de carrés permettent toutes trois de mettre en évidence une éventuelle simultagnosie. D'après l'analyse statistique, elles sont en effet significativement corrélées. Nous nous demandons si ces tâches, évaluant les mêmes fonctions neurovisuelles, ne sont pas redondantes. En effet, il serait peut-être judicieux d'en supprimer une voire deux, afin de rendre la batterie plus rapide et d'éviter la lassitude des enfants. Ayant vu précédemment que l'épreuve de recherche de carrés n'entraîne pas de différence significative entre les performances des enfants contrôle et celles des enfants porteurs de troubles neurovisuels, nous suggérons de garder l'épreuve de recherche de ronds au détriment de celle de carrés, s'il fallait n'en ôter qu'une. Cependant, en étudiant les résultats des enfants dépistés, nous remarquons que certains, alors qu'ils échouent les épreuves de recherche de ronds et de carrés, réussissent celle de figures enchevêtrées. De plus, ces tâches font appel aux fonctions exécutives et sont éventuellement moins pures que les figures enchevêtrées : il faudrait donc objectiver ce qu'elles impliquent précisément afin de pouvoir isoler les raisons des échecs des enfants, et donc conclure à un maintien ou un retrait de ces épreuves.

Les trois épreuves de barrage sont corrélées, tant en score qu'en temps, à l'exception du temps de réalisation du barrage des M et du score au barrage de formes géométriques. Ces épreuves font appel à des processus de recherche visuelle et d'attention sélective visuelle analogues. Comme précédemment, nous nous questionnons sur la pertinence de garder ces trois épreuves. En effet, elles sont très longues à administrer et évaluent le même versant des fonctions neurovisuelles. Néanmoins, nous observons que les enfants dépistés échouent ou réussissent l'ensemble des trois tâches, à l'exception d'un enfant qui échoue seulement le barrage des M. Cette épreuve nous paraît donc importante à conserver. Il serait également intéressant de maintenir un barrage composé de matériel non-verbal, ou un barrage dont les cibles sont disposées de manière ordonnée, afin de pouvoir observer d'éventuelles dissociations de performances.

En regardant les corrélations des différentes épreuves avec le score total, nous remarquons que seules les épreuves de mémoire visuelle, de vision des couleurs, de symétries, de recherche des carrés et de praxies ne sont pas corrélées au score total de la batterie. De plus, les temps de réalisation des différents barrages n'étant pas pris en compte dans le score total, il est logique qu'aucune corrélation ne soit retrouvée.

Limites de la batterie

Nous étions deux examinatrices, et nous avons fait passer la batterie dans plusieurs lieux différents. Bien qu'ayant élaboré les consignes et conditions de passation de concert, il est possible que cela ait constitué un biais dans la passation de la batterie. Cependant, la batterie est destinée à être administrée par plusieurs professionnels, ce biais correspond donc à la future réalité de terrain.

Au regard des résultats, il nous paraîtrait opportun d'ajouter une évaluation du réflexe de clignement à la menace afin d'écarter ou de confirmer une cécité corticale, ainsi qu'une épreuve de visuo-construction. En effet, c'est un versant des troubles neurovisuels qui n'est pas exploré par cette batterie. La recherche du réflexe de clignement à la menace était initialement prévue dans la batterie. Cependant, des difficultés de passation nous ont contraintes à la retirer du protocole.

A propos des épreuves de barrages, le nombre de fausses alarmes, corrigées ou non, n'est actuellement pas pris en compte dans la cotation. Il pourrait être intéressant de l'inclure dans l'analyse afin de pouvoir prendre en compte les troubles de la reconnaissance visuelle.

Concernant l'épreuve des figures enchevêtrées, nous avons remarqué que certains enfants, notamment parmi les neurovisuels, repéraient des items inexistantes (par exemple, un croissant dans la roue de la moto). Nous nous questionnons donc sur la manière de prendre en compte ces fausses alarmes dans le score de cette épreuve.

Enfin, la cotation actuelle du score de la coordination visuo-motrice manque éventuellement de praticité : il serait peut-être judicieux de la modifier.

Il faudrait désormais administrer cette batterie à des enfants porteurs d'autres troubles que des troubles neurovisuels, par exemple des enfants sans langage ou des enfants sourds. Cela permettrait de vérifier qu'elle est réalisable par des enfants d'autres cultures ou ayant des troubles sévères du langage et donc de s'assurer de sa spécificité. Les enfants qui l'échouent doivent en effet être porteurs de troubles neurovisuels.

Il serait également intéressant d'augmenter la population d'étude, notamment pour les plus de 10 ans pour lesquels nos effectifs étaient réduits. Cela pourrait contribuer à affiner les normes établies.

Intérêt de la batterie

Cette batterie semble être un bon outil de dépistage. En effet, la durée de passation est limitée, et on retrouve un effet de groupe au profit des enfants contrôles au score total de la batterie. De plus, à la suite des passations, sept enfants ont été considérés comme dépistés. Parmi eux, à ce jour, deux ont été reçus à la Fondation Rothschild pour un bilan neurovisuel approfondi, qui confirme, pour chacun, des difficultés neurovisuelles d'origine centrale. Des examens complémentaires, notamment de mesure du champ visuel, et des examens neurologiques sont attendus pour ces deux enfants. Ceux-ci viendront préciser la nature de leurs atteintes.

En mettant en évidence les troubles visuels d'origine centrale chez ces enfants, cette batterie permettrait donc d'avoir une meilleure connaissance de l'occurrence de ces troubles dans la population des 6 – 10 ans.

Nous avons également pu établir une norme par tranche d'âge, et ainsi avoir une idée plus précise du comportement visuel de l'enfant.

En outre, cet outil de dépistage est facile d'administration. Il demande peu de matériel (seulement du papier et un crayon) et représente un coût peu important. Ainsi, il sera possible d'équiper au mieux les différents organismes qui en feraient la demande.

Bien que cette batterie n'ait pas de visée purement diagnostique, mais plus un but de dépistage, elle permettra de rediriger les enfants en difficulté lors de son administration vers des professionnels compétents. Ainsi, des erreurs de diagnostic pourront être évitées. En effet, les troubles neurovisuels étant actuellement peu connus, cette étude permet de populariser la connaissance de ces atteintes, afin qu'elles soient désormais prises en considération dans les diagnostics différentiels.

Cette batterie pourrait également être utile aux chercheurs dans le domaine du développement qui voudraient vérifier l'intégrité de la perception visuelle avant de proposer une expérience la sollicitant.

Enfin, les enfants dépistés pourront bénéficier d'une prise en charge adaptée à leurs troubles et ainsi éviter une perte de temps. Effectivement, comme nous l'avons vu précédemment, les troubles neurovisuels ont des répercussions importantes sur les apprentissages. Une rééducation orthophonique classique se révélera donc inappropriée en cas de diagnostic erroné. Cette batterie permettra également de suivre les effets de la prise en charge et la récupération, en testant de nouveau, avec le même outil, les enfants après plusieurs mois de rééducation spécifique.

Actuellement, peu de professionnels sont sensibilisés à ces troubles. Sachant que leur rééducation est possible et efficace, il nous paraît essentiel, en tant que futures orthophonistes, de pouvoir bénéficier de formations sur le diagnostic et la prise en charge des troubles neurovisuels. Cette étude pourra permettre de développer ce type de formations.

CONCLUSION

L'objectif initial de ce mémoire était d'élaborer un outil de dépistage des troubles visuels d'origine centrale destiné aux enfants scolarisés en école primaire. Cette étude fait suite à la parution de l'EVA, une batterie d'évaluation des troubles visuo-attentionnels pour les enfants de 4 à 6 ans, commandée par la Direction Générale de Santé.

Après avoir créé 20 épreuves, nous les avons administrées à 149 enfants tout-venant âgés de 6 à 10 ans ainsi qu'à 9 enfants porteurs de troubles neurovisuels. Nous avons ensuite réalisé une étude statistique sur les données recueillies et ainsi établi une norme pour chaque épreuve.

L'analyse des résultats a permis d'objectiver des différences significatives entre les performances des enfants porteurs de troubles visuels d'origine centrale et celles des enfants contrôle, pour la majorité des épreuves. Nous pouvons alors en conclure que la batterie élaborée est certainement sensible. Elle constituerait donc un bon outil de dépistage, puisqu'elle répond aux critères de rapidité, de facilité de prise en main, de matériel limité et de sensibilité. Elle n'a cependant pas de visée diagnostique : les enfants dépistés seront ensuite redirigés pour un bilan neurovisuel exhaustif. Cela permettra de préciser leurs atteintes et de les orienter vers une prise en charge spécifique de leurs troubles.

Des études récentes rapportent que les troubles neurovisuels touchent 3 à 4 % des enfants. Ils ont des conséquences délétères sur les apprentissages. Il est donc primordial que leur dépistage soit le plus précoce possible, afin de limiter les répercussions de ces déficits en vies scolaire et quotidienne.

Les orthophonistes tiennent une place essentielle dans la prise en charge des troubles des apprentissages de l'enfant. Il nous semble donc indispensable que ces professionnels soient formés au diagnostic et à la prise en charge des atteintes visuelles d'origine centrale, afin de rééduquer correctement les difficultés d'apprentissage consécutives à des lésions occipitales. En outre, cela permettrait de développer la connaissance de ces troubles chez des professionnels de l'enfance.

Il faudra par la suite vérifier que la batterie conçue est spécifique, en s'assurant qu'elle ne met pas en échec des enfants porteurs d'autres troubles que des troubles neurovisuels. Cette étude nécessite donc d'être poursuivie dans les prochaines années, afin d'affiner les différentes épreuves et de réaliser un étalonnage sur de plus grands effectifs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Agniel, A. (1992). *Protocole Montréal-Toulouse Évaluation des gnosies visuelles et auditives*. Isbergues (Pas-de-Calais): L'Ortho éd.
- [2] Atkinson, Anker, Rae, Hughes, & Braddick. (2002). A test battery of child development for examining functional vision (ABCDEFV). *Strabismus*, 10(4), 245 – 269.
- [3] Atkinson, & Braddick. (2010). Objective behavioural and electrophysiological measures for assessing visual brain function in infants and young children. In *Visual impairment in children due to damage to the brain* (pp. 129 – 148). London: Mac Keith.
- [4] Azouvi, P., Samuel, & Louis-Dreyfus. (2000). L'évaluation de la négligence unilatérale. In *Traité de neuropsychologie clinique. [1]* (pp. 251 – 274). Marseille: Solal.
- [5] Benoît, A. (2007). *The human visual system as a complete solution for image processing*. Presses universitaires de Louvain.
- [6] Bertrand, A., & Garnier, P.-H. (2005). *Psychologie cognitive*. Levallois-Perret: Studyrama.
- [7] Bidot, S., & Lamirel, C. (2012). Hémianopsie latérale homonyme. *EMC - Ophtalmologie*, 9(4), 1–4.
- [8] Bosse, M.-L. (2005). De la relation entre acquisition de l'orthographe lexicale et traitement visuo-attentionnel chez l'enfant. *Rééducation Orthophonique*, (222), 9 – 30.
- [9] Boujon, C., & Quaireau, C. (1997). *Attention et réussite scolaire*. Paris: Dunod.
- [10] Bouloy, & Malach. (2005). *Évaluation des capacités visuo-attentionnelles chez des enfants de 4 à 8 ans porteurs de troubles visuels périphériques* (Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste). UPMC, Paris VI.
- [11] Bourdin, B. (2007). *Les troubles du développement chez l'enfant: Prévention et prise en charge*. Harmattan.

- [12] Bruyer. (1994). Les agnosies visuelles. In *Neuropsychologie Humaine* (pp. 179 – 204). Liège: P. Mardaga.
- [13] Burnett, S. A., Lane, D. M., & Dratt, L. M. (1982). Spatial ability and handedness. *Intelligence*, 6(1), 57–68.
- [14] Camus, J.-F., & Auclair, L. (2006). L'attention. In *Psychologie cognitive* (pp. 136 – 201). Rosny: Bréal.
- [15] Cavézian, C., Chokron, S., Vilayphonh, M., De Agostini, M., Laloum, L., Watier, L., & Vasseur, V. (2009). Évaluation des troubles visuo-attentionnels chez l'enfant de quatre à six ans, *I*(2), 110 – 119.
- [16] Charnallet, A., & Carbonnel, S. (2000). L'évaluation des gnosies visuelles. In *Traité de neuropsychologie clinique* (pp. 207 – 224). Marseille: Solal.
- [17] Chokron, S., Bartolomeo, P., & Siéroff, é. (2008). La négligence spatiale unilatérale : trente ans de recherches, de découvertes, d'espoirs et (surtout) de questions. *Revue Neurologique*, 164, S134–S142.
- [18] Chokron, & Cavézian. (2010). Troubles neuro-visuels et troubles de apprentissages. *Les entretiens de Bichat*, 11 – 15.
- [19] Chokron, & Cavézian, C. (2011). De la négligence spatiale unilatérale aux dys. In *De la négligence aux négligences*. Marseille: Solal.
- [20] Chokron, Colliot, P., & Bartolomeo, P. (2004). The role of vision in spatial representation. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 40(2), 281–290.
- [21] 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*. Editions Solal, Marseille

- [22] Chokron, S. (2003). Sémiologie des troubles neurovisuels d'origine centrale. *Neurologies*, 6, 530 – 535.
- [23] Chokron, S. (2011). Troubles neurovisuels chez l'enfant : Sémiologie et dépistage. *Réalité Ophtalmologique*, (188), 1 – 4.
- [24] Chokron S. (2013). La cécité corticale: aspects neurophysiologiques, neuro-ophtalmologiques et neuropsychologiques. *Encyclopedie Médico-Chirurgicale*, in presse
- [25] Chokron S, (2013). Prise en charge neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. In T. Rousseau (Ed.) *Traité de Rééducation Orthophonique et Neuropsychologique*, Unadreo, in press.
- [26] Cohadon, F., & Castel, J. P. (2008). *Les traumatisés crâniens: de l'accident à la réinsertion*. Rueil-Malmaison: Arnette.
- [27] Corbetta, M., Bressler, S. L., Tang, W., Sylvester, C. M., & Shulman, G. L. (2008). Top-Down Control of Human Visual Cortex by Frontal and Parietal Cortex in Anticipatory Visual Spatial Attention. *Journal of Neuroscience*, 28(40), 10056–10061.
- [28] De Agostini, M., Chokron, S., & Laurent-Vannier. (2005). Approche neuropsychologique de l'organisation de l'espace chez l'enfant : influence des facteurs biologiques et culturels. In *Neuropsychologie de l'enfant et troubles du développement*. Marseille: Solal.
- [29] 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), 139–147.
- [30] Delaunay, & Thiriet. (2007). *Comparaison des capacités visuo-attentionnelles chez des enfants porteurs de troubles neuro-visuels et des enfants contrôles* (Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste). UPMC, Paris VI.

- [31] Delorme, A., & Flückiger, M. (2003). *Perception et réalité: une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles (Belgique): De Boeck Université.
- [32] Dutton, G., & Bax, M. (2010). *Visual impairment in children due to damage to the brain*. London: Mac Keith.
- [33] Dutton, G., Calvert, Ibrahim, Macdonald, McCulloch, Spowart, & Macintyre-Beon. (2010). Structured clinical history - taking for cognitive and perceptual visual dysfunction and for profound visual disabilities due to damage to the brain in children. In *Visual impairment in children due to damage to the brain* (pp. 117 – 128). London: Mac Keith.
- [34] Elleberg, D., Hansen, B. C., & Johnson, A. (2012). The developing visual system is not optimally sensitive to the spatial statistics of natural images. *Vision research*, 67, 1–7.
- [35] Fix, J. D. (2012). *Neuroanatomie*. (A. Dhem, Trans.). Bruxelles: de Boeck.
- [36] Gaudric, A., Robert, P.-Y., Mathis, A., & Collège des ophtalmologistes universitaires de France. (2010). *Ophtalmologie*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson.
- [37] Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2001). *Neurosciences cognitives: la biologie de l'esprit*. Paris: De Boeck Université.
- [38] Gil, R. (2010). *Neuropsychologie*. Paris: Masson.
- [39] Humphreys, G. W., & Riddoch, M. J. (1987). *To see but not to see: a case study of visual agnosia*. London ; Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- [40] Husain, M., & Rorden, C. (2003). Non-spatially lateralized mechanisms in hemispatial neglect. *Nature reviews. Neuroscience*, 4(1), 26–36.
- [41] Jeannerod, M. (1994). Coordination visuo-motrice et utilisation de l'espace. In *Neuropsychologie humaine* (pp. 217 – 234). Liège: P. Mardaga.
- [42] Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2002). *Cerveau & comportement*. Paris: De Boeck.

- [43] Lamargue-Hamel, D. (2004). Des notions d'attention.... *Rééducation Orthophonique*, (218), 5 – 22.
- [44] Lechevalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (2010). *Traité de neuropsychologie clinique*. Paris: De Boeck Supérieur.
- [45] Leclercq, & Zimmermann. (2000). L'évaluation des fonctions attentionnelles. In *Traité de neuropsychologie clinique. [1]* (pp. 95 – 114). Marseille: Solal.
- [46] Lévy-Soussan, P. (2007). *Psychiatrie*. Paris: Med-Line.
- [47] Manning, L. (2007). *La neuropsychologie clinique: approche cognitive*. Paris: Armand Colin.
- [48] Matlin, M. W. (2001). *La cognition: une introduction à la psychologie cognitive*. Paris: De Boeck université.
- [49] Mazeau, M. (2006). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages du symptôme à la rééducation*. Paris: Masson.
- [50] Moroni. (2004). Bases anatomiques de l'attention : apport de l'imagerie fonctionnelle. *Rééducation Orthophonique*, (218), 47 – 66.
- [51] Nalçacı, E., Kalaycıoğlu, C., Çiçek, M., & Genç, Y. (2001). The Relationship Between Handedness and Fine Motor Performance. *Cortex*, 37(4), 493–500.
- [52] Noël, M.-P. (2007). *Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Wavre, Belgique: Mardaga.
- [53] Purves, D., & Coquery, J.-M. (2005). *Neurosciences*. Paris [etc.]: De Boeck.
- [54] Reynolds, C. R., & Fletcher-Janzen, E. (2007). *Encyclopedia of special education: a reference for the education of children, adolescents, and adults with disabilities and other exceptional individuals* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- [55] Riddoch, M. J., & Humphreys, G. W. (1993). *BORB: Birmingham object recognition battery*. Hove: Lawrence Erlbaum.

- [56] Rigaudière, F., Delouvrier, E., & Le Gargasson, J. F. (2012). Oeil et physiologie de la vision. Retrieved from <http://lodel.irevues.inist.fr/oeiletphysiologiedelavision/index.php?id=134>
- [57] Rossi, J.-P. (2005). *Psychologie de la mémoire: de la mémoire épisodique à la mémoire sémantique*. Bruxelles: De Boeck.
- [58] Siéroff, É. (1994). Les mécanismes attentionnels. In *Neuropsychologie humaine* (pp. 127 – 152). Liège: P. Mardaga.
- [59] Siéroff, É. (2009). *La neuropsychologie approche cognitive des syndromes cliniques*. Paris: A. Colin.
- [60] Siéroff, É., & Auclair, L. (2002). Attention et dissymétrie hémisphérique. *Revue de Neuropsychologie*, 12(2), 345 – 275.
- [61] Strauss, E. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary* (3rd ed.). Oxford ; New York: Oxford University Press.
- [62] Tribolet, S., & Shahidi, M. (2005). *Nouveau précis de sémiologie des troubles psychiques*. Paris: Éd. Heures de France.
- [63] Vilayphonh, M., Cavézian, C., Vasseur, V., Caputo, G., Laloum, L., & Chokron, S. (2013). Ophthalmic disorder may affect visuo-attentional performance in childhood. *Child Neuropsychology*, 19(3), 292–312.
- [64] Whitaker, H. (2010). *Concise encyclopedia of brain and language*. Boston, MA: Elsevier.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre au directeur

Paris, le 22/01/2013

Madame,

A la demande de la Direction Générale de la Santé, nous avons mis au point en 2011 une batterie rapide d'évaluation de l'attention, de l'analyse et de la mémoire visuelle chez l'enfant entre 4 et 6 ans (Batterie E.V.A.) dans le but de pouvoir dépister les troubles visuo-attentionnels chez les enfants de grande section de maternelle en complément de l'examen ophtalmologique déjà réalisé.

En effet, devant le nombre croissant d'enfants présentant des troubles d'apprentissage en particulier du langage écrit, il nous a semblé crucial de pouvoir dépister avant le CP les enfants qui présenteraient des troubles de l'attention, de l'analyse ou de la mémoire visuelles pouvant ultérieurement entraver l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Cette batterie, facile et rapide d'utilisation a été distribuée à un ensemble de médecins scolaires et de professionnels de santé en France et permet un dépistage de ces troubles plus large et plus efficace que par le passé.

Dans le but de pouvoir dépister ces troubles même chez les enfants plus grands, nous travaillons actuellement à une batterie similaire qui permettrait d'évaluer ces troubles chez l'enfant de 6 à 10 ans.

C'est dans ce cadre que nous sollicitons votre collaboration pour pouvoir tester des enfants (de 6 à 10 ans) actuellement accueillis dans votre établissement du CP au CM2.

Les tests que nous proposons durent entre 15 et 30 minutes, ne comportent que des tâches visuelles de perception et de reconnaissance d'objets ou de réaction d'orientation à des dessins présentées sur des feuilles.

Nous sollicitons votre accord pour pouvoir rencontrer les enfants actuellement accueillis dans l'établissement que vous dirigez afin de pouvoir étalonner nos tests à grande échelle auprès d'enfants normaux résidant dans différentes régions en France. Si vous acceptez que nous testions les enfants de 6 à 10 ans accueillis dans votre établissement, nous communiquerons aux parents le questionnaire ci-joint à compléter pour accord.

Pour conserver tout anonymat, les enseignants des classes concernées ne seront pas informés des résultats aux tests. Comme vous le verrez, les parents ont le choix d'être contactés ou non à l'issue des tests réalisés si ceux-ci ont dépisté un éventuel problème visuo-attentionnel chez leur enfant.

Nous vous remercions d'avance de votre compréhension et de votre coopération,
Veuillez recevoir, Madame, mes sincères salutations,

Docteur Sylvie Chokron
Directrice de Recherches au CNRS,
Responsable de l'Unité Fonctionnelle Vision et Cognition, CNRS, UMR 8158

Annexe 2 : Lettre aux parents

Paris le 22/01/2013

Madame, Monsieur,

Nous sommes Laurie Moulin et Sidonie Bonte, étudiantes en orthophonie. Dans le cadre de nos études, nous effectuons une recherche sur l'attention, l'analyse et la mémoire visuelle chez l'enfant entre 6 et 10 ans sous la direction de Sylvie Chokron (Directrice de Recherches au CNRS). Cette étude a pour objectif de mettre en place une batterie de dépistage des troubles visuels, spatiaux et attentionnels qui complètera l'examen ophtalmologique et visuo-attentionnel déjà existant en grande section de maternelle.

Afin de mener à bien cette recherche, nous souhaitons proposer quelques exercices visuels sur des feuilles à des enfants âgés de 6 à 10 ans. Cela durera environ entre 15 à 30 minutes. Les résultats seront anonymes, ne seront pas communiqués à l'équipe enseignante et ne seront analysés que dans le cadre de notre étude.

Nous vous remercions d'avance de votre compréhension et de votre coopération, et nous tenons à votre disposition pour répondre à vos éventuelles questions.

Veillez recevoir, Madame, Monsieur, nos sincères salutations,

Laurie Moulin et Sidonie Bonte

Docteur Sylvie Chokron
Directrice de Recherches au CNRS,
Responsable de l'Unité VISION et COGNITION, CNRS, UMR 8158

Annexe 3 : Fiche d'autorisation parentale

FICHE A REMPLIR PAR LES PARENTS

Je soussigné :

Accepte / Refuse que mon enfant participe aux exercices proposés.

Nom de l'enfant :

Prénom de l'enfant :

Date de naissance :

Si ces exercices s'avéraient difficiles pour votre enfant, souhaitez-vous en être informés ?

Oui

Adresse :

Ville :

Code postal :

Téléphone :

Non

Si votre enfant porte des lunettes, merci de préciser la nature de son trouble ophtalmologique : Œil

droit : Amblyopie / Myopie / Hypermétropie / Astigmatisme / Strabisme / Autre :

Œil gauche : Amblyopie / Myopie / Hypermétropie / Astigmatisme / Strabisme / Autre :

Ainsi que la nature de la correction des lunettes :

Œil droit :

Œil gauche :

Si votre enfant a présenté un problème spécifique au cours de la grossesse ou de l'accouchement, merci de le préciser :

Si votre enfant est né avant terme, merci de nous préciser les éléments suivants :

Nombre de semaines de gestation :

Poids et taille à la naissance

L'état de votre enfant à la naissance a-t-il nécessité des soins particuliers ?:

Votre enfant a-t-il dû être hospitalisé ?

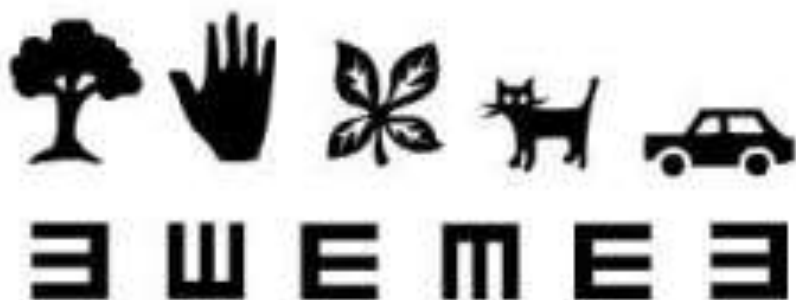
Si votre enfant a présenté un problème de santé durant les premiers mois de vie, merci de nous en préciser la nature, la durée et le traitement proposé.

Merci encore de votre coopération.

Date

Signature

Annexe 4 : Test d'acuité visuelle de Rossano-Weiss



Annexe 5 : Test de préférence manuelle de De Agostini et Dellatolas

Déroulement et consignes :

- Se mettre en face de l'enfant
- Poser chacun des objets devant l'enfant de façon centrale, à égale distance des deux mains
- Remplir le questionnaire au fur et à mesure : après chaque objet, cocher la main utilisée

- 1) « Montre-moi comment tu fais un petit rond avec le crayon ».
- 2) « Montre-moi comment tu fais pour l'effacer avec la gomme ».
- 3) « Montre-moi comment tu découpes avec les ciseaux ».
- 4) « Montre-moi comment tu fais pour manger avec la cuillère ». (faire semblant)
- 5) « Montre-moi comment tu fais pour couper. Tu vas essayer de couper la pâte à modeler ».
- 6) « Tu me montres comment tu fais pour te brosser les dents ». (faire semblant)
- 7) « Tu me montres comment tu fais pour te coiffer ».
- 8) « Tu me montres comment tu fais pour taper sur la table avec un marteau ».
- 9) « Tu prends la feuille avec tes mains, tu la rapproches de ton visage et tu me regardes par le trou ».
- 10) « Tu vas taper dans la balle avec le pied. Tu shootes dans la balle » (Poser la balle devant l'enfant de façon centrale. Il ne faut pas que l'enfant ait à marcher avant de shooter)

	DROITE	DEUX	GAUCHE	
1- CRAYON	o	o	o	
2- GOMME	o	o	o	
3- CISEAUX	o	o	o	
4- CUILLÈRE	o	o	o	
5- COUTEAU	o	o	o	
6- BROSSE À DENTS	o	o	o	
7- PEIGNE/BROSSE	o	o	o	
8- MARTEAU	o	o	o	
	(x 1)	(x 2)	(x 3)	
TOTAL :				
	8 et 9	10 à 15	16 à 22	23 et 24
RÉSULTAT :	Droitier Fort / Droitier Faible / Gaucher Faible / Gaucher Fort			

Dominance :

9- OEIL	o	o	o
10- BALLE	o	o	o

Cotation :

- Main droite : x 1
- Les deux : x 2
- Main gauche : x 3

Annexe 6 : Livret de cotation

Livret de Cotation

Nom et Prénom de l'enfant :	Classe: CP / CE1 / CE2 / CM1 / CM2
Date de naissance :	Date de l'examen :
Sexe : F / G	Langue Maternelle :
Préférence Manuelle : D / G	Acuité Visuelle :
Coordonnées de l'établissement et du médecin scolaire :	
Observations :	
Port de lunettes :	

❖ **Epreuve n°1 : Réflexe photo-moteur**

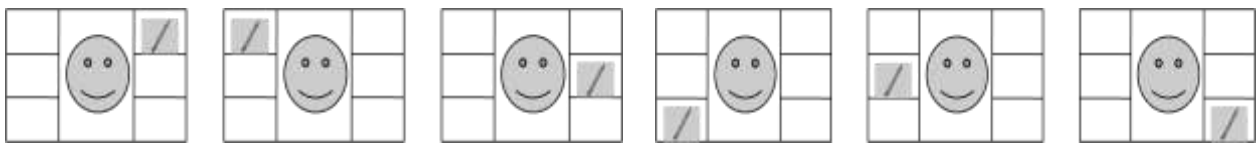
Score : /2

❖ **Epreuve n°2 : Fixation et contrôle du regard**

Score : /1

❖ **Epreuve n°3 : Champ Visuel**

Score : /12

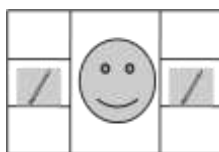


1^{er} essai : 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1

2^{ème} essai : 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1 0 / 1

❖ **Epreuve n°4 : Extinction Visuelle**

Score : /1



❖ **Epreuve n°5 : Poursuite Visuelle**

Score : / 3

- L'enfant a toujours les yeux sur la cible : 0 / 1
- Pas de mouvement céphalique, uniquement des mouvements oculaires : 0 / 1
- L'enfant réalise des saccades fluides : 0 / 1

❖ **Epreuve n°6 : Mémoire visuelle**

Score : / 4

Exemple :



M



E






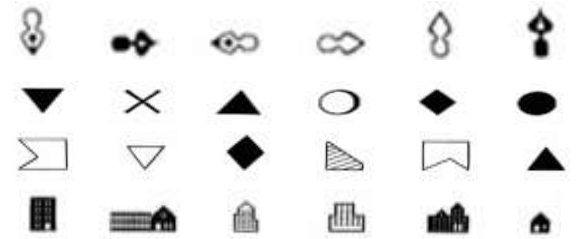
U

m

Formes

Points

- pointe:  0 / 1
- triangle:  0 / 1
- géométrique : 0 / 1
- usine :  0 / 1



❖ **Epreuve n°7 : Barrage des bols**

Score : / 35

- Emplacement du **premier bol** coché : G / M / D
- Emplacement des **3 premiers bol** cochés :
 - 1^{er} G / M / D
 - 2^{ème} G / M / D
 - 3^{ème} G / M / D

- **Stratégie exploratoire** efficace : Oui / Non

Dans le sens de la lecture

De haut en bas

De proche en proche

En serpentif

S'il y a des Omissions, leurs emplacements tendance :

	Haut				
Gauche	Centre	Droit	<u>ou</u>	Sur toute la page	
	Bas				

- Nombre de **fausses alarmes** : _____ non corrigées _____ corrigées

- **Temps de réalisation** de l'épreuve : _____ secondes

❖ **Epreuve n°8 : Barrage des M**

Score : / 25

- Emplacement du **premier M** coché : G / M / D

- Emplacement des **3 premiers M** cochés : 1^{er} G / M / D

2^{ème} G / M / D

3^{ème} G / M / D

- **Stratégie exploratoire** efficace : Oui / Non

Dans le sens de la lecture

De haut en bas

De proche en proche

En serpent

S'il y a des Omissions, leurs emplacements tendance :

	Haut			
Gauche	Centre	Droit	<u>ou</u>	Sur toute la page
	Bas			

- Nombre de **fausses alarmes** : _____ non corrigées _____ corrigées

- **Temps de réalisation** de l'épreuve : _____ secondes

❖ **Epreuve n°9 : Barrage géométrique**

Score : / 18

- Emplacement du **premier hexagone** coché : G / M / D

- Emplacement des **3 premiers hexagones** cochés : 1^{er} G / M / D

2^{ème} G / M / D

3^{ème} G / M / D

- **Stratégie exploratoire** efficace : Oui / Non

Dans le sens de la lecture

De haut en bas

De proche en proche

En serpentin

S'il y a des Omissions, leurs emplacements tendance :

	Haut			
Gauche	Centre	Droit	<u>ou</u>	Sur toute la page
	Bas			

- Nombre de **fausses alarmes** : _____ non corrigées _____ corrigées

- **Temps de réalisation** de l'épreuve : _____ secondes

❖ **Epreuve n°10 : Figures Enchevêtrées**

Score : / 11

Planche exemple : seau - balai - crayon

Planche test:

Moto 0 / 1

Maison 0 / 1

Lunettes 0 / 1

Chaussure 0 / 1

T-shirt 0 / 1

Pantalon 0 / 1

Guitare 0 / 1

Canard 0 / 1

Souris 0 / 1

Fourchette 0 / 1

Tasse 0 / 1

❖ **Epreuve n°11 : Reconnaissance visuelle**

Score : / 8

Exemple :



Formes :

Points

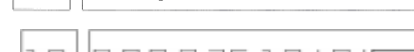
- fleur 0 / 1



- main 0 / 1



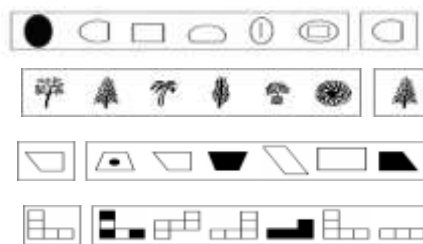
- ligne 0 / 1



- flèche 0 / 1



- forme géo. Rond 0 / 1
- arbre 0 / 1
- trapèze 0 / 1
- cubes 0 / 1



❖ **Epreuve n°12 : Vision des couleurs**

Score: /6







		En cas de mauvaise réponse :	
Hérisson:	0 / 1	Autre couleur :	NSP
Cochon:	0 / 1	Autre couleur :	NSP
Carotte:	0 / 1	Autre couleur :	NSP
Banane:	0 / 1	Autre couleur :	NSP
Petits pois:	0 / 1	Autre couleur :	NSP
Coccinelle:	0 / 1	Autre couleur :	NSP

❖ **Epreuve n°12bis: Dénomination des couleurs (non côté)**

		En cas de mauvaise réponse :	
Jaune	Oui / Non	Autre couleur :	NSP
Rose	Oui / Non	Autre couleur :	NSP
Vert	Oui / Non	Autre couleur :	NSP
Rouge	Oui / Non	Autre couleur :	NSP
Marron	Oui / Non	Autre couleur :	NSP
Orange	Oui / Non	Autre couleur :	NSP

❖ **Epreuve n°13 : Imagerie mentale**

Score: /6

	0 / 1	Autre:	NSP
	0 / 1	Autre:	NSP
	0 / 1	Autre:	NSP
	0 / 1	Autre:	NSP
	0 / 1	Autre:	NSP
	0 / 1	Autre:	NSP

Observations:

❖ **Epreuve n°14 : Coordination visuo-motrice**

Score: /28

0.5 point par centimètre correctement réalisé

Gauche: /14	Droite: /14
-------------	-------------

Observations:

❖ **Epreuve n°15 : Soleil**

Score: /1





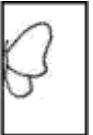



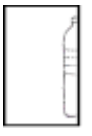


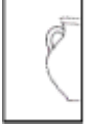




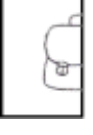


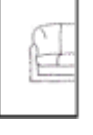










Epreuve correctement réalisée: 0 / 1

Observations:

❖ **Epreuve n°16 : Symétries**

Score: /6

Entourez la réponse de l'enfant:

Test		Bonne réponse	Identique	Sémantique	Visuel	
	0 / 1					NSP
	0 / 1					NSP
	0 / 1					NSP
	0 / 1					NSP
	0 / 1					NSP
	0 / 1					NSP

Observations :

❖ **Epreuves n°17 et 18 : Analyse simultanée de plusieurs stimuli**

Score: /35




Rond: /20

Carré: /15

Observations: (omissions, gauche, droite)

❖ **Epreuve n°19: Praxies**

Score : /3

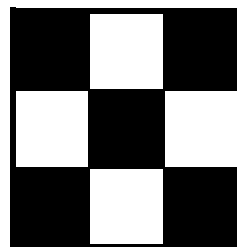
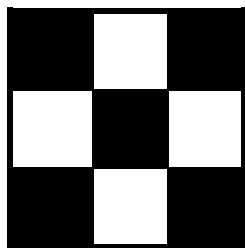
	0 / 1
	0 / 1
	0 / 1

Observations:

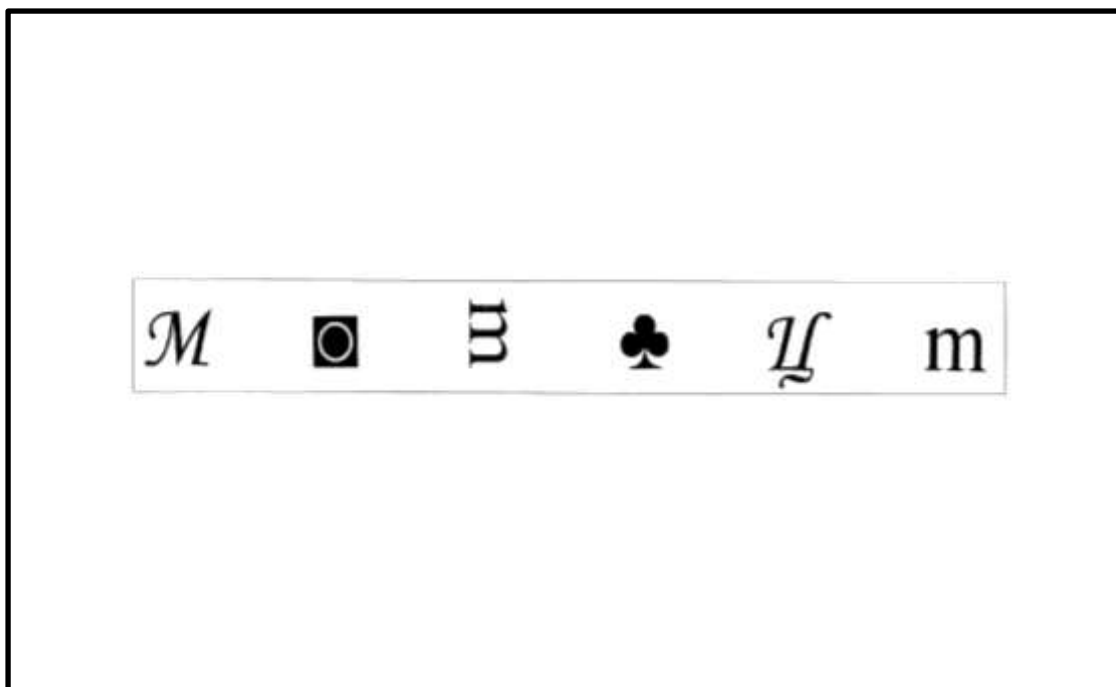
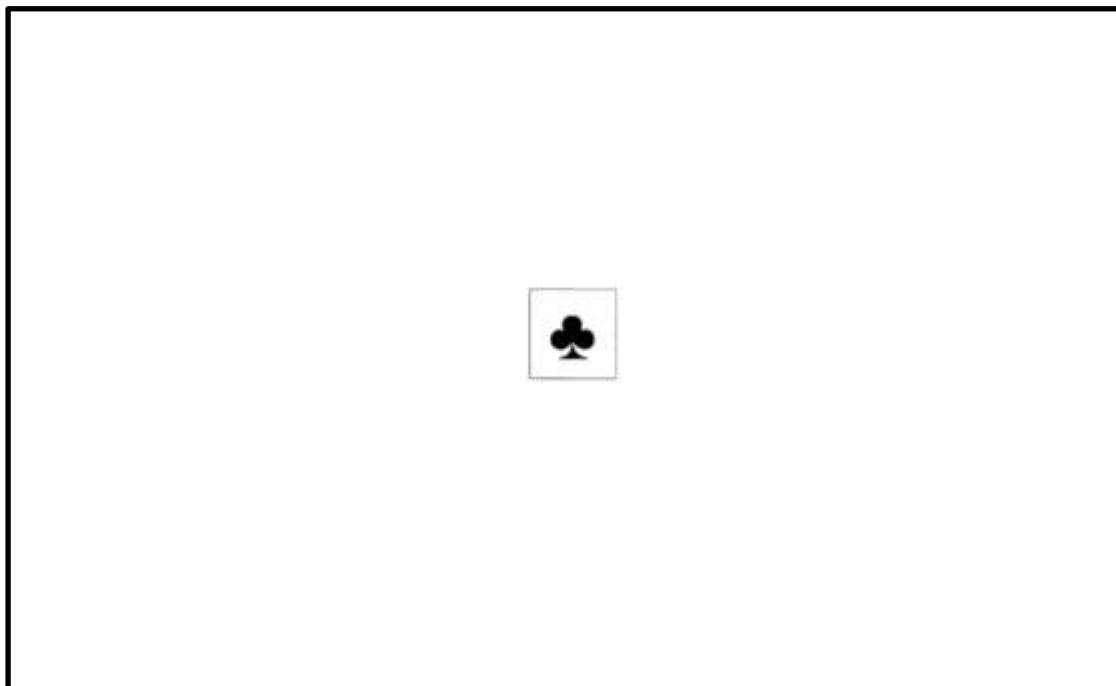
❖ **Epreuve n°20 : Ecriture**

Score : /1

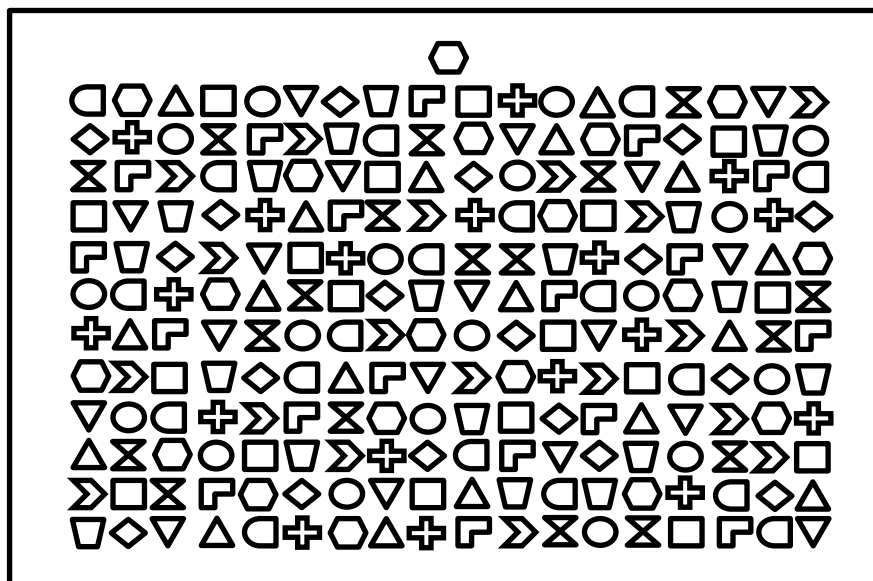
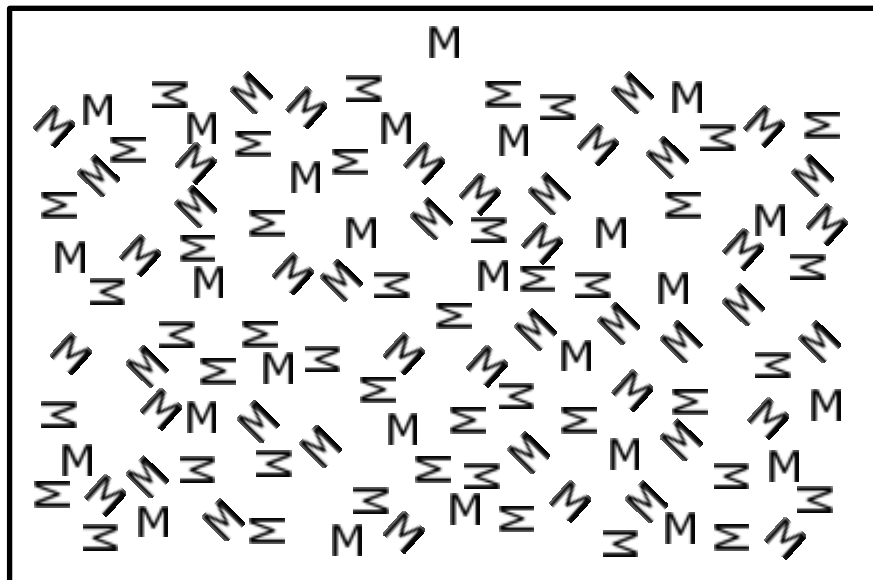
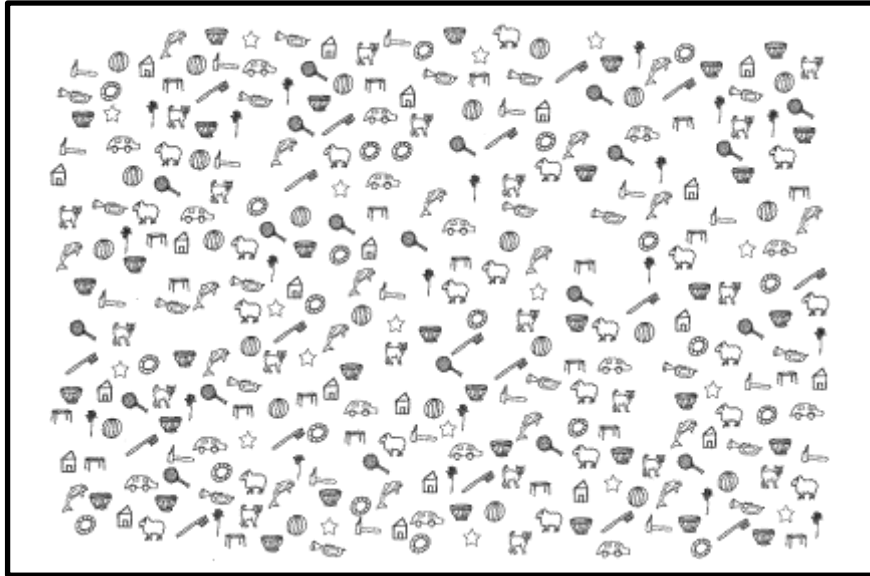
Annexe 7 : Damiers pour les épreuves de champ visuel, extinction visuelle, poursuite visuelle



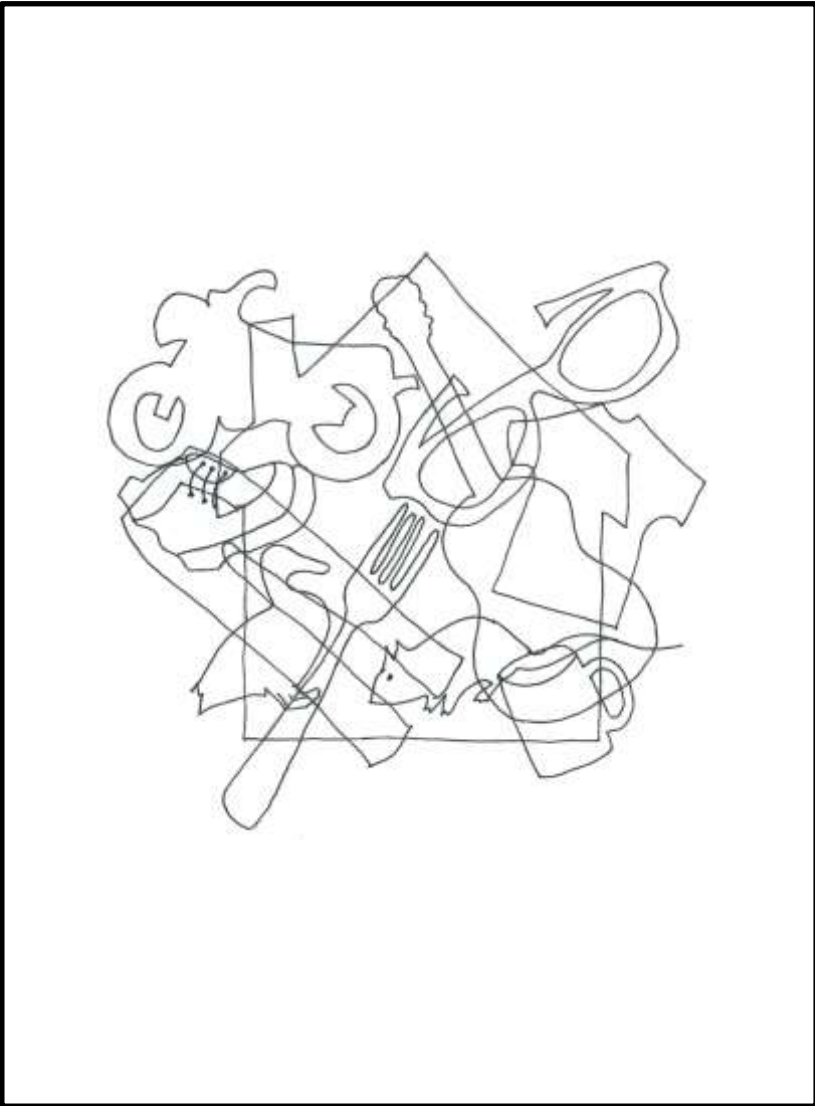
Annexe 8 : Mémoire visuelle



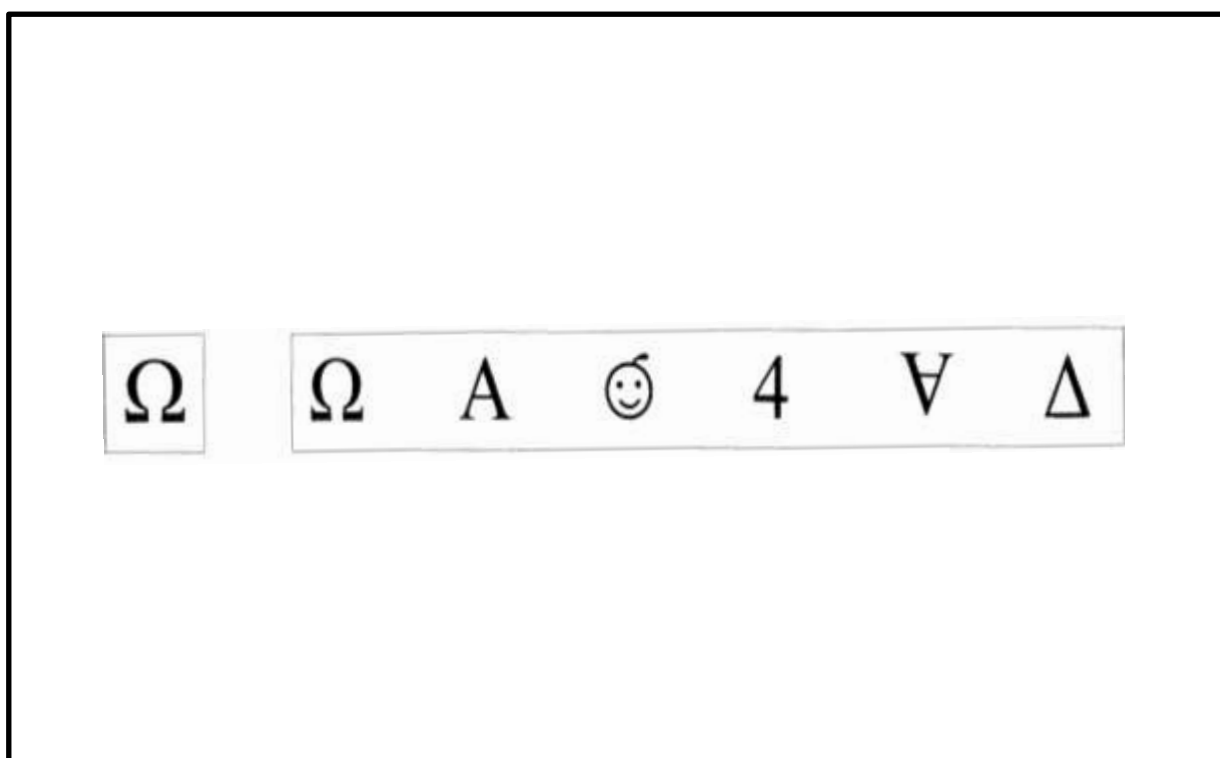
Annexe 9 :
Barrages



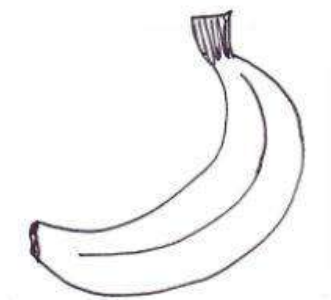
Annexe 10 : Figures enchevêtrées



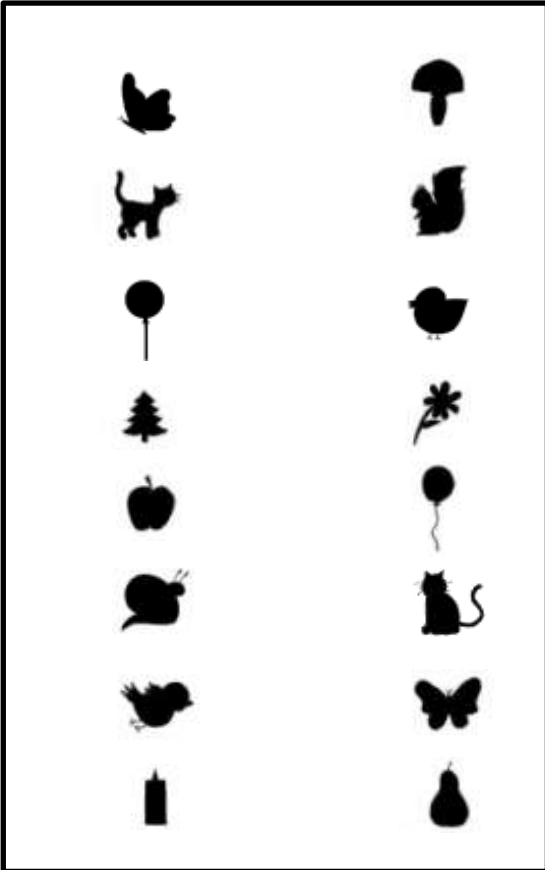
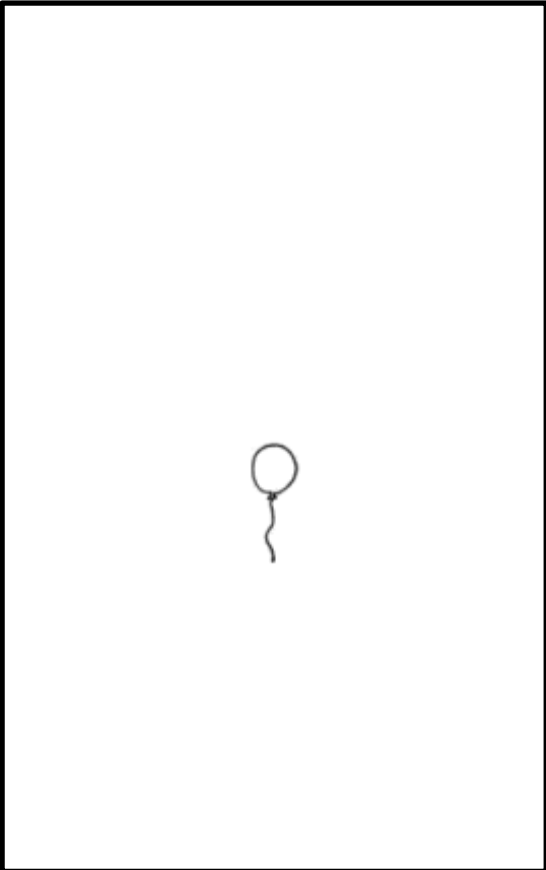
Annexe 11 : Reconnaissance visuelle



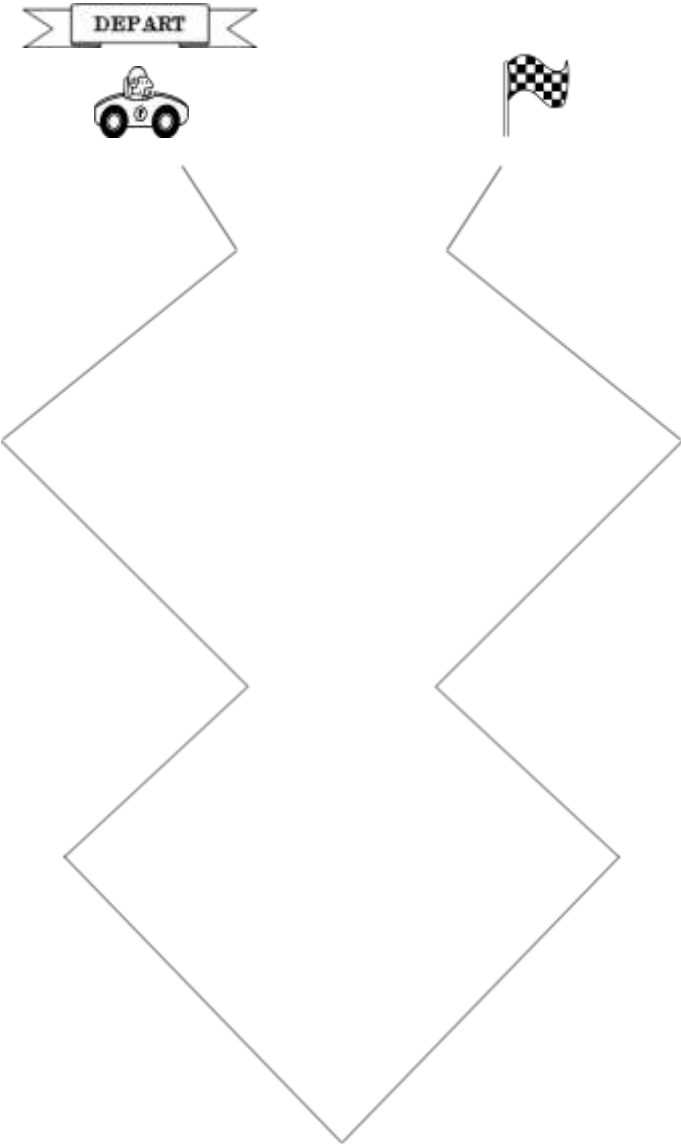
Annexe 12 : Vision des couleurs



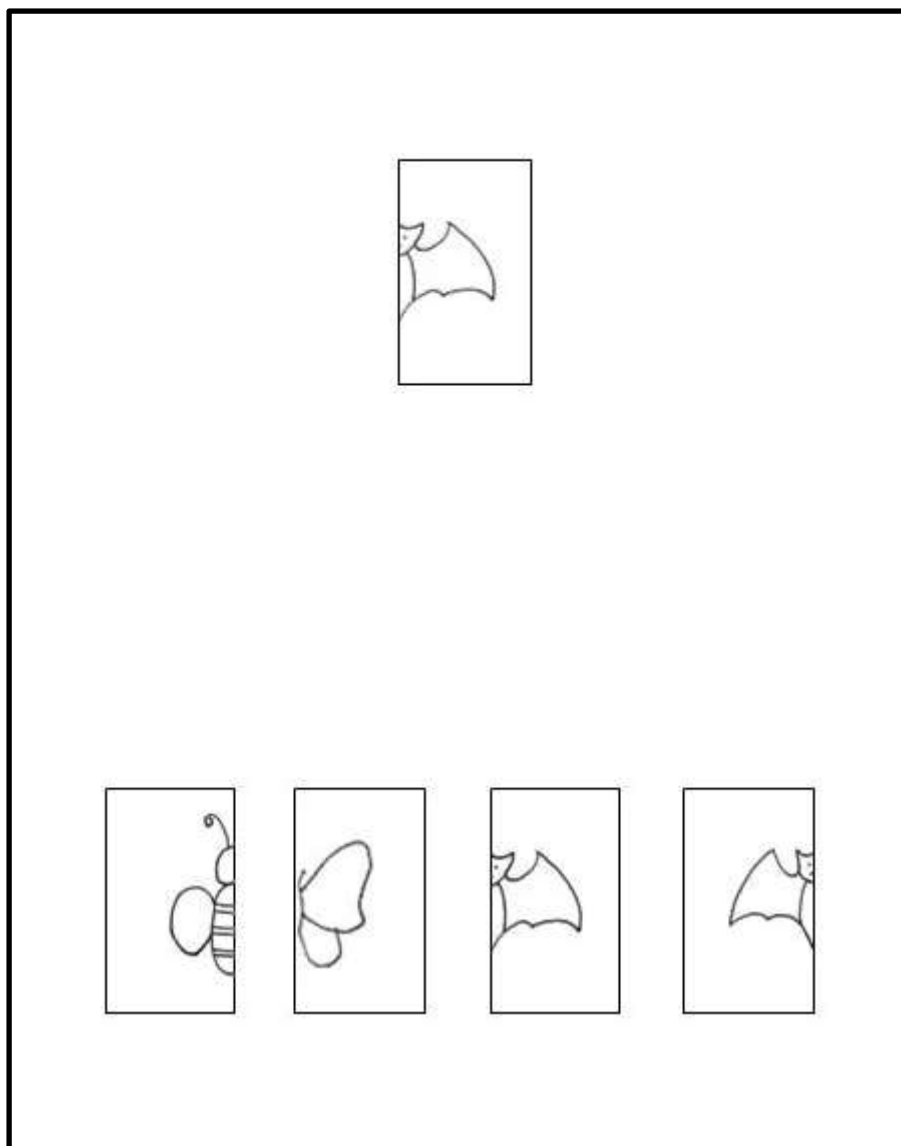
Annexe 13 : Imagerie mentale



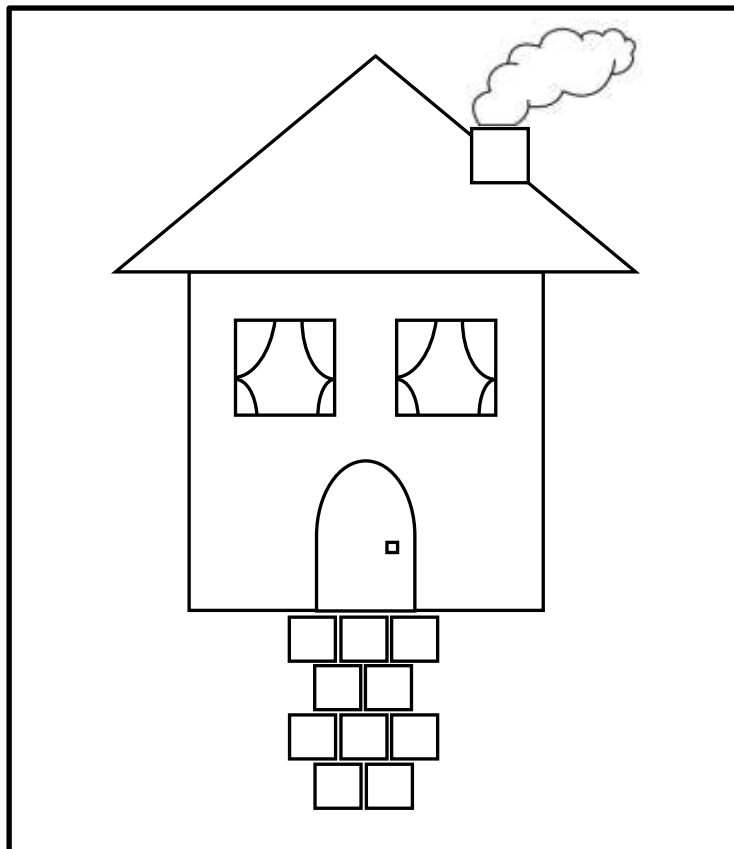
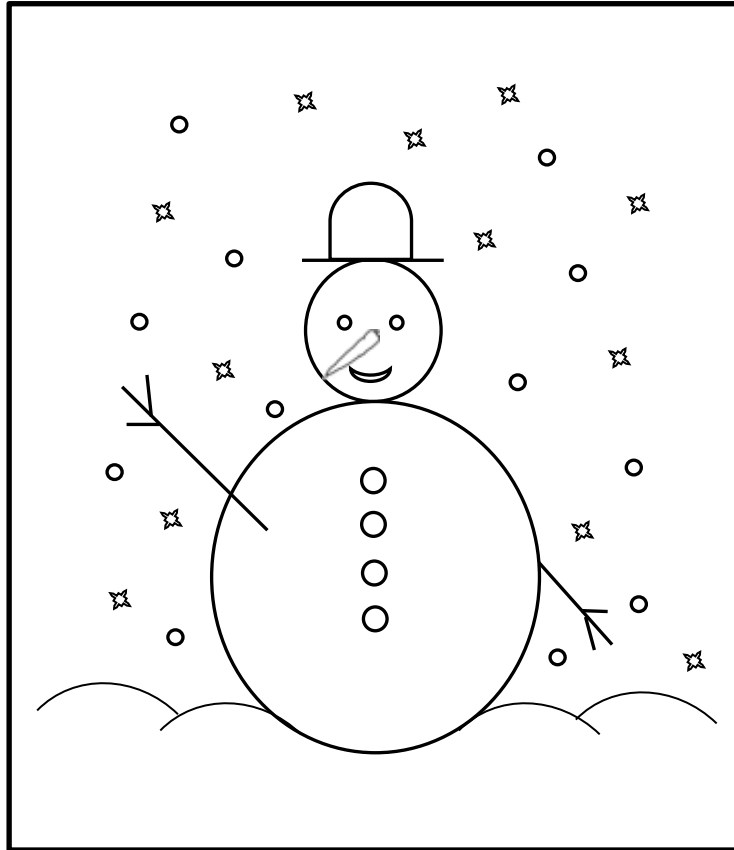
Annexe 14 : Coordination visuo-motrice



Annexe 15 : Symétries



Annexe 16 :
Analyse simultanée
De plusieurs stimuli



Annexe 17 :

Pourcentage cumulé d'enfants contrôle de la tranche d'âge <8 ans pour chacun des scores observés dans chacune des épreuves de la batterie

	Champ visuel	Poursuite visuelle	Mémoire visuelle	Barrage des bols - score	Barrage des M - score	Barrage géométrique - score	Figures enchevêtrées	Reconnaissance visuelle	Vision des couleurs	Imagerie mentale	Coordination visuo-motrice	Symétries	Ronds	Carrés	Praxies	Score total batterie
0	0	1,69	0	0	0	0	0	1,69	1,69	0	0	0	0	0	0	0
1	0	20,34	3,39	0	0	0	0	1,69	1,69	0	1,69	1,69	0	0	6,78	0
2	0	42,37	20,34	0	0	0	0	1,69	3,39	0	1,69	3,39	0	0	30,51	0
3	0	100	57,63	0	0	0	0	1,69	5,08	1,69	1,69	3,39	0	0	100	0
4	0		100	0	0	0	1,69	1,69	8,47	3,39	1,69	10,17	1,69	0		0
5	0			0	0	3,39	3,39	3,39	42,37	15,25	1,69	35,59	1,69	0		0
6	0			0	0	5,08	5,08	8,47	100	100	1,69	100	3,39	0		0
7	0			0	0	8,47	5,08	22,03			1,69		3,39	0		0
8	0			0	0	11,86	11,86	100			1,69		3,39	0		0
9	0			0	0	16,95	35,59				1,69		3,39	0		0
10	1,69			0	0	23,73	72,88				1,69		3,39	8,47		1,69
11	1,69			1,69	0	30,51	100				1,69		3,39	16,95		1,69
12	100			1,69	3,39	40,68					1,69		6,78	30,51		1,69
13				3,39	8,47	49,15					1,69		6,78	47,46		3,39
14				3,39	13,56	55,93					1,69		8,47	72,88		3,39
15				3,39	16,95	69,49					1,69		8,47	100		3,39
16				3,39	20,34	83,05					1,69		20,34			5,08
17				10,17	23,73	89,83					1,69		25,42			10,17
18				10,17	23,73	100					1,69		71,19			18,64
19				11,86	30,51						3,39		76,27			54,24
20				11,86	40,68						5,08		100			100
21				15,25	54,24						13,56					
22				16,95	61,02						16,95					
23				18,64	72,88						27,12					
24				25,42	86,44						33,90					
25				28,81	100						44,07					
26				37,29							57,63					
27				45,76							79,66					
28				52,54							100					
29				57,63												
30				59,32												
31				67,80												
32				74,58												
33				83,05												
34				86,44												
35				100												

Annexe 18 :

Pourcentage cumulé d'enfants contrôle de la tranche d'âge [8 ;10] ans pour chacun des scores observés dans chacune des épreuves de la batterie

	Champ visuel	Poursuite visuelle	Mémoire visuelle	Barrage des bols - score	Barrage des M - score	Barrage géométrique - score	Figures enchevêtrées	Reconnaissance visuelle	Vision des couleurs	Imagerie mentale	Coordination visuo-motrice	Symétries	Ronds	Carrés	Praxies	Score total batterie
0	4,69	0,00	1,56	0	0	0	0	1,56	0,00	1,56	0	0	0	0	0	0
1	4,69	4,69	1,56	0	0	0	0	1,56	0,00	1,56	0	0,00	0	0	3,13	0
2	4,69	17,19	10,94	0	0	0	0	1,56	0,00	1,56	0	0,00	0	0	15,63	0
3	4,69	100	40,63	0	0	0	0	1,56	0,00	1,56	0	3,13	0	0	100	0
4	4,69		100	0	0	1,56	0,00	1,56	6,25	4,69	0	9,38	0	0		0
5	4,69			0	0	3,13	0,00	1,56	21,88	14,06	0	39,06	0	0		0
6	4,69			1,56	0	3,13	0,00	1,56	100	100	0	100	0	0		0
7	4,69			1,56	0	3,13	1,56	10,94			0		0	0		1,56
8	4,69			1,56	0	3,13	4,69	100			1,56		0	0		1,56
9	4,69			1,56	0	6,25	6,25				1,56		0	0		1,56
10	4,69			1,56	0	10,94	28,13				1,56		0	3,13		1,56
11	4,69			1,56	0	14,06	100				1,56		0	3,13		1,56
12	100			1,56	0,00	18,75					1,56		3,13	7,81		3,13
13				1,56	3,13	21,88					1,56		3,13	15,63		3,13
14				1,56	3,13	29,69					1,56		3,13	43,75		3,13
15				1,56	3,13	37,50					1,56		3,13	100		3,13
16				1,56	3,13	67,19					1,56		10,94			4,69
17				1,56	6,25	90,63					1,56		12,50			6,25
18				1,56	9,38	100					1,56		43,75			15,63
19				1,56	15,63						1,56		54,69			39,06
20				1,56	20,31						1,56		100			100
21				1,56	34,38						4,69					
22				1,56	39,06						6,25					
23				3,13	59,38						9,38					
24				4,69	73,44						17,19					
25				6,25	100						26,56					
26				7,81							35,94					
27				12,50							60,94					
28				14,06							100					
29				20,31												
30				31,25												
31				40,63												
32				53,13												
33				71,88												
34				82,81												
35				100												

Annexe 19 :

Pourcentage cumulé d'enfants contrôle de la tranche d'âge ≥10 ans pour chacun des scores observés dans chacune des épreuves de la batterie

	Champ visuel	Poursuite visuelle	Mémoire visuelle	Barrage des bols - score	Barrage des M - score	Barrage géométrique - score	Figures enchevêtrées	Reconnaissance visuelle	Vision des couleurs	Imagerie mentale	Coordination visuo-motrice	Symétries	Ronds	Carrés	Praxies	Score total batterie
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	7,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0
2	0	19,23	3,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	7,69	0
3	0	100	23,08	0	0	0	0	0	0	0	0	3,85	0	0	100	0
4	0		100	0	0	3,85	0	0	3,85	0	0	11,54	0	0		0
5	0			0	0	3,85	0	0	15,38	0	0	26,92	0	0		0
6	3,85			0	0	3,85	0	0	100	100	0	100	0	0		0
7	3,85			0	0	3,85	0	7,69			0		0	0		0
8	3,85			0	0	3,85	3,85	100			0		0	0		0
9	3,85			0	0	7,69	11,54				0		0	0		0
10	11,54			0	0	7,69	38,46				0		0	0		0
11	11,54			0	0	7,69	100				0		0	0		0
12	100			0	0	11,54					0		0	3,85		0
13				0	0	15,38					0		0	11,54		0
14				0	0	34,62					0		0	26,92		0
15				0	3,85	34,62					0		0	100		0
16				0	3,85	57,69					0		7,69			0
17				0	3,85	80,77					0		7,69			3,85
18				0	11,54	100					0		30,77			26,92
19				0	15,38						3,85		30,77			50,00
20				0	30,77						7,69		100			100
21				0	38,46						7,69					
22				0	50,00						7,69					
23				0	61,54						7,69					
24				3,85	73,08						19,23					
25				3,85	100						23,08					
26				3,85							34,62					
27				7,69							53,85					
28				15,38							100					
29				19,23												
30				26,92												
31				34,62												
32				50,00												
33				69,23												
34				76,92												
35				100												

RESUME

Les troubles neurovisuels représentent la première atteinte visuelle dans les pays industrialisés. Cependant il n'existe à ce jour pas de batterie de dépistage francophone rapide et sensible destinée aux enfants âgés de 6 à 10 ans, malgré la répercussion que ces troubles peuvent avoir sur les apprentissages. Nous avons élaboré au cours de cette année une batterie pour des enfants scolarisés en école élémentaire, que nous avons administrée à 149 enfants contrôle et à 9 enfants porteurs de troubles neurovisuels. Cette batterie s'est révélée pertinente : 7 enfants ont rencontré des difficultés et seraient susceptibles de présenter des troubles visuels d'origine centrale.

Mots clés : dépistage – troubles neurovisuels – enfants – trouble des apprentissages – batterie

ABSTRACT

Today in the developed world, neurovisual impairments are the most frequent visual disorders. However, although these are likely to affect children's learning acquisitions, to date no french quick and comprehensive screening test exists for 6- to 10-year olds. Our purpose in this study was consequently to design an assessment tool for elementary school children. We then administered this test to 149 healthy children and to 9 children with cerebral visual impairments. Results show the relevance of the test as difficulties were identified in 7 children. These children are likely to be affected by neurovisual disorders.

Keywords: screening – neurovisual disorders – children – learning disorders – test

Nombre de pages : 100

Annexes : 26