

# Batterie d'évaluation des troubles visuo-attentionnels chez l'enfant de quatre à six ans

## *A battery to assess visuo-attentional disorders in children aged from four to six years*

Marc Vilayphonh<sup>1,2</sup>,  
Céline Cavezian<sup>1,2</sup>, Laurent Laloum<sup>3</sup>,  
Maria de Agostini<sup>4</sup>,  
Laurence Watier<sup>5</sup>, Vivien Vasseur<sup>6</sup>,  
Sylvie Chokron<sup>1,2,7</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de psychologie et neurocognition, CNRS, UMR5105, UPMF, Grenoble, France

<sup>2</sup> ERT Treat Vision, Fondation ophtalmologique Rothschild, Paris, France

<sup>3</sup> Service d'ophtalmologie, centre hospitalier national des Quinze-Vingts, Paris, France

<sup>4</sup> Inserm U780, IFR 69, Villejuif, France

<sup>5</sup> Inserm U657/PhEMI, Institut Pasteur (pharmacoepidemiology and infectious diseases, Pasteur Institute), Paris, France

<sup>6</sup> Service d'ophtalmologie, Fondation ophtalmologique Rothschild, Paris, France

<sup>7</sup> Service de neurologie, Fondation ophtalmologique Rothschild, Paris, France  
<sylvie.chokron@gmail.com>

### Résumé

Chez l'enfant scolarisé, la vision est seulement évaluée en termes d'acuité visuelle. Les troubles visuo-attentionnels restent donc très rarement recherchés, diagnostiqués et pris en charge. Afin de développer un outil susceptible de dépister ces troubles chez le jeune enfant, 14 épreuves de type « papier-crayon » ont été complétées par des enfants tout-venant ( $n = 111$ ), souffrant de troubles neurovisuels ( $n = 6$ ), ou de troubles ophtalmologiques ( $n = 20$ ), ou de dysphasie ( $n = 12$ ). Les résultats observés dans le groupe tout-venant ont permis de retenir six épreuves, parfaitement réalisées par environ 80 % de ces enfants. Le groupe neurovisuel obtenait des scores inférieurs à ceux de cette population témoin dans les épreuves de poursuite visuelle et de figures enchevêtrées. Les groupes ophtalmologique et dysphasique obtenaient de meilleurs scores que le groupe tout-venant, respectivement, dans les épreuves de poursuite visuelle et d'appariement de formes. Les tests retenus pour la batterie semblent relativement spécifiques aux troubles neurovisuels et ne mettent pas en échec les enfants porteurs d'une dysphasie ou d'un trouble ophtalmologique d'origine périphérique. De plus, les scores de dépistage, établis sur un seuil de 5 %, ont pu être confirmés grâce au bilan neuropsychologique ultérieur des enfants dépistés.

**Mots clés :** enfants • dépistage • troubles neurovisuels • troubles ophtalmologiques • dysphasie

### Abstract

*Although several studies suggested that a learning disorder could result from a visuo-attentional disability, vision in young children is almost only assessed in regard of visual acuity. The current study wanted to develop a visuo-attentional assessment tool to identify children at risk for neurovisual disabilities before formal reading education (grade 1). Fourteen paper-and-pencil tests were completed by children from the general population ( $N = 111$ ), children with a neurovisual disorder ( $N = 6$ ), an ophthalmological disease ( $N = 20$ ), or suffering from dysphasia ( $N = 12$ ). From results in the general group, six tests, fully completed by about 80% of that group, were selected for the final battery. Compared to the general population, neurovisual children failed in two of these tasks (visual pursuit and embedded figures tests). However, ophthalmological and dysphasic groups showed higher scores than the general population in the visual pursuit and the shape matching tasks respectively. The present tests appear to be sensitive to neurovisual deficits and do not induce any difficulty in children presenting either with dysphasia or ophthalmologic disorder. Indeed, the different cut-off scores, elaborated to isolate 5% of the general population, lead to consider six children of the general group as detected. Further examination of three of these children confirmed the presence of neurovisual disorder in two of them. Thus, the specificity of our tests and criteria to consider a child as detected were confirmed. Used as part of a routine medical assessment in primary schools, this battery could*

*allow an early diagnosis and a consecutive rehabilitation which would prevent the deleterious effects of cognitive visual defects in everyday life or in learning abilities.*

**Key words:** children • screening • neurovisual disorders • ophthalmological disease • dysphasia

La vision, nécessaire à toutes les activités d'exploration, de locomotion, de perception de l'espace environnant, peut être rendue déficitaire par une lésion périphérique (c'est-à-dire de l'œil) ou par une lésion centrale, c'est-à-dire des aires visuelles cérébrales. Ces aires, où seront décodées et interprétées les informations visuelles [1], représentent plus d'un tiers du cerveau. Cette large étendue du système visuel explique l'occurrence élevée des troubles visuels tant chez l'enfant que chez l'adulte cérébro-lésé. Ainsi, on considère que 60 % des patients adultes atteints de lésion cérébrale (à la suite, par exemple, d'un accident vasculaire cérébral) présentent un trouble neurovisuel. Pourtant, seule une faible proportion de ces patients va bénéficier d'un diagnostic et d'une prise en charge spécifique, alors que la présence des troubles visuels va gêner l'ensemble de la sphère cognitive et exploratoire. De façon tout à fait similaire, les enfants atteints de lésions postérieures présentent des déficits de la cognition visuelle [2] ; pour autant, ils sont peu nombreux à bénéficier d'un diagnostic et donc d'une prise en charge des troubles neurovisuels associés, alors que les apprentissages et le comportement vont être considérablement entravés par la présence de ces troubles.

Plusieurs études [3] indiquent un lien significatif entre une anomalie de vision non corrigée et un risque de difficulté d'apprentissage de la lecture, donc de retard scolaire. Par ailleurs, toutes les études et les rapports officiels récents sur la dyslexie [4-10] renforcent l'hypothèse de l'existence d'un trouble de la perception visuelle chez certains enfants dyslexiques. Dans ces rapports, ce n'est en aucun cas l'acuité visuelle qui est incriminée. Il s'agirait plutôt d'un déficit de transmission des informations visuelles rapides et peu contrastées de la rétine au cortex visuel [11-13]. Ce déficit consisterait en une persistance trop longue de l'image et en un manque de sensibilité au contraste pour les stimuli visuels rapides. Cela entraînerait une superposition des images visuelles durant la lecture. Le brouillage visuel ainsi créé rendrait difficile la reconnaissance des lettres et des mots. De plus, d'autres recherches en neuropsychologie montrent qu'un trouble visuo-attentionnel contribue de façon évidente aux difficultés de lecture de certains enfants. Ces troubles se traduisent par des difficultés d'identification des lettres, du traitement de leur position spatiale dans les mots ainsi que de la représentation mentale de leurs caractéristiques visuelles [11-13].

L'ensemble de ces données laisse à penser qu'une évaluation précoce de la qualité du traitement visuel permettrait d'anticiper l'apparition de certains déficits comme des troubles des apprentissages. En effet, trop souvent, toute difficulté d'apprentissage est apparentée à un trouble des

apprentissages (spécifique ou non) au détriment d'une recherche d'étiologie neurologique. En particulier, les troubles neurovisuels sont rarement évoqués comme cause d'un retard dans les acquisitions scolaires, parce que certains de ces symptômes (par exemple, mauvaises saccades oculaires, amputation du champ visuel) peuvent passer inaperçus ou être confondus avec des symptômes de dyslexie de type visuelle (déficit de l'attention visuelle) ou de dyspraxie. L'une des raisons majeures à cette absence de recherche d'étiologie de type neurologique réside sans nul doute dans le fait qu'il n'existe, à ce jour, aucun outil permettant une évaluation globale de la cognition visuelle chez le jeune enfant.

Afin de dépister précocement et spécifiquement les troubles visuo-attentionnels chez l'enfant nous avons procédé, avec le soutien de la Direction générale de la santé, à l'élaboration d'une batterie standardisée composée de 14 subtests. Cet outil vise à tester la perception, l'analyse et la mémoire visuelle ainsi que l'orientation de l'attention dans l'espace. Cette première étude tente de répondre à un pré-talonnage sur une population de 111 individus tout-venant.

## ■ Matériel et méthode

### ■ Population

Un groupe témoin, un groupe neurovisuel, un groupe ophtalmologique et un groupe dysphasique ont été inclus dans cette étude après accord des parents et des autorités concernées (par exemple, rectorat d'académie, directeur d'établissement scolaire). Le groupe témoin était constitué de 111 enfants (58 filles et 53 garçons ; âge moyen  $\pm$  écart-type =  $5,39 \pm 0,50$ ) issus de la population tout-venant et recrutés pour la plupart dans les écoles de la région d'île de France ou de la région Centre. Le groupe neurovisuel était constitué de six enfants (deux filles et quatre garçons ; âge moyen  $\pm$  écart-type =  $7,15 \pm 1,11$ ) présentant un trouble de la cognition visuelle d'origine centrale et pris en charge dans le service de neurologie de la Fondation ophtalmologique Rothschild (Paris). Le groupe ophtalmologique était composé de 20 enfants (15 filles et cinq garçons ; âge moyen  $\pm$  écart-type =  $5,43 \pm 0,71$ ) atteints d'un trouble ophtalmologique (trouble de la réfraction, et/ou de la convergence, et/ou amblyopie), recrutés au sein du service d'ophtalmologie de la Fondation ophtalmologique Rothschild (Paris). Tous ces enfants étaient pris en charge pour leur trouble (c'est-à-dire correction visuelle et/ou rééducation orthoptique). Enfin, le groupe dysphasique incluait 12 enfants dysphasiques (cinq filles et sept gar-

çons ; âge moyen  $\pm$  écart-type = 5,55  $\pm$  0,52) recrutés dans le centre de référence des troubles du langage et des apprentissages de l'unité de neuropédiatrie à l'hôpital Raymond-Poincaré (Garches). Tous les enfants inclus dans l'étude ne souffraient pas de diplopie, ne présentaient pas de troubles sévères de l'audition ou de la compréhension, ne suivaient aucun traitement pouvant interférer avec les capacités attentionnelles (par exemple, benzodiazépines) et n'avaient aucun antécédent psychiatrique. De plus, l'échelle de Rossano-Weiss a été utilisée afin de s'assurer que tous les enfants avaient une acuité visuelle de près (normale ou corrigée) supérieure à 4/10. Enfin, la latéralité manuelle a été déterminée à l'aide d'un test de préférence manuelle [14].

## Matériel et procédure

Afin de tester les principales fonctions visuelles d'une manière adaptée à cette jeune population, les tests choisis étaient de type papier-crayon du fait de leur « facilité ». Les épreuves ont été réalisées dans une pièce au calme, et dans l'ordre dans lequel elles sont présentées ci-après.

### Champ visuel

Cet examen, élaboré par nos soins, permettait d'évaluer la qualité et l'étendue du champ visuel. Sur un disque de 30 cm de diamètre étaient répartis deux groupes de stimuli (des formes géométriques simples et en couleur) : six cibles centrales (placées à 5 cm du centre du disque) et six cibles périphériques (placées à 12 cm du centre du disque). Cibles centrales et cibles périphériques étaient disposées en alternance sur le disque avec une distance angulaire de 33°. Ce premier disque était recouvert d'un second, de diamètre similaire, et disposant de deux fenêtres : l'une pour la présentation des cibles centrales et l'une pour la présentation des cibles périphériques. De plus, une gommette jaune en forme de soleil indiquait la position du centre du disque. La position de ce second disque était contrôlée par l'expérimentateur. L'examineur présentait le disque à 30 cm des yeux de l'enfant, à la hauteur de son nez. Pour chaque cible présentée, l'enfant devait identifier cette cible tout en fixant la gommette jaune du regard. Le score maximum était de 12 points (un point par cible correctement détectée).

### Poursuite visuelle

Cette évaluation permettait de vérifier la qualité de la mobilité binoculaire [15]. L'examineur se plaçait face à l'enfant, de manière à ce que la lampe de poche présentée se situât à 30 cm. Le déplacement de la lampe se faisait, à chaque fois, à la vitesse de 10 cm/s, selon deux mouvements successifs : un déplacement ordonné, puis un déplacement pseudoaléatoire. Le déplacement ordonné consistait en un mouvement horizontal suivi d'un mouvement vertical. Le déplacement pseudoaléatoire se calquait sur un mouvement dessinant un nœud papillon ou le signe mathématique symbolisant l'infini. On observait : la non-perte de la cible visuelle, la capacité de dissociation du mouvement oculaire du mouvement céphalique, la fluidité

des saccades. Pour chaque capacité, un point était accordé, soit un score maximum de trois points pour chaque type de déplacement.

### Mémoire visuelle de formes et de lettres

Dans ce test créé par nos soins, 16 feuilles au format A4, dans une orientation paysage, et organisées en paire, étaient présentées successivement sur la table, face à l'enfant. La première feuille de la paire contenait le stimulus cible et était présentée pendant sept secondes. Puis sur la seconde feuille de la paire, l'enfant devait désigner le stimulus cible présenté alors parmi cinq distracteurs.

Dans le subtest forme (*figure 1A*), les stimuli cibles étaient des formes et répondaient à trois critères représentés équitablement : le caractère verbalisable ou non, la symétrie et l'orientation. Les stimuli présentés étaient issus d'un matériel de rééducation mais modifiés selon les critères choisis et adaptés à l'âge de la population. Les distracteurs, morphologiquement proches du stimulus cible, pouvaient être : la cible dans une orientation différente, un symbole non signifiant, un symbole signifiant, une figure géométrique, la cible dans une police différente, ou un chiffre.

Dans le subtest lettre, les stimuli cibles ont été sélectionnés parmi des lettres fréquentes, et selon les critères suivants : majuscule/minuscule, consonne/voyelle, symétrie et orientation. Les distracteurs, morphologiquement proches des cibles, répondaient aux critères suivants : cible orientée différemment, symbole non signifiant, symbole signifiant, figure géométrique, cible dans une police différente, ou chiffre.

Chaque subtest comprenait quatre essais, et un point était attribué pour chaque réponse correcte, soit un score maximal de quatre points pour chacun des subtests.

### Épreuves de barrage

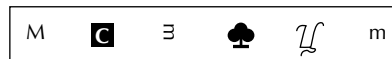
Ces épreuves testent l'attention sélective en modalité visuelle (capacité à extraire une cible parmi des distracteurs), la recherche et l'exploration visuelle, ainsi que l'orientation de l'attention dans l'espace. Dans chaque épreuve, il était demandé à l'enfant de barrer d'un trait les stimuli cibles présents sur une feuille au format A4.

Dans le barrage des nounours [16], 15 dessins de nounours étaient présentés parmi des distracteurs. Cette épreuve était notée sur 15, un point étant attribué pour chaque nounours correctement barré.

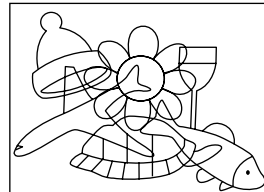
Dans le barrage des « A » [17], 15 stimuli cibles, des « A » majuscules, étaient présentés parmi des lettres « A » majuscules dans d'autres orientations (par exemple, rotation de 45°). Cette épreuve était notée sur 15, un point étant attribué pour chaque cible correctement barrée.

Dans le barrage des traits [18], ici adapté au format A3, 40 traits dans différentes orientations étaient présentés. Un point était attribué pour chaque trait correctement barré, soit un maximum de 40 points.

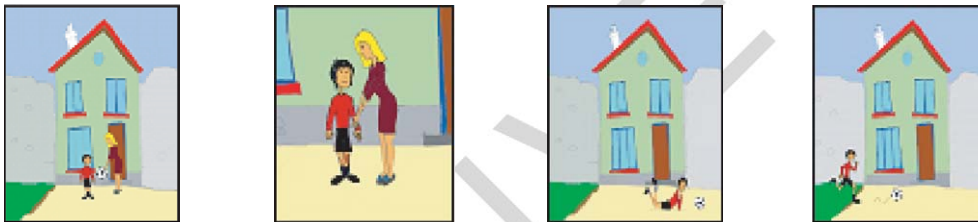
A : 1<sup>ère</sup> page (à gauche) présente le stimulus cible, à retrouver dans la seconde feuille (à droite).



B : L' enfant devait dénommer tous les objets qu'il pouvait voir dans la figure.



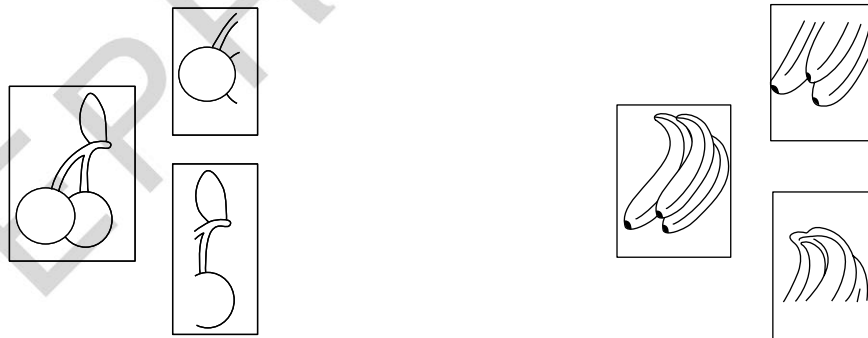
C : L' enfant devait replacer chacune des 4 images dans leur ordre chronologique afin de reconstituer l'histoire



D : L' enfant devait retrouver l'item modèle (isolé sur la droite/gauche) parmi les 6 items centraux.



E : A partir des 3 planches présentées, l'enfant devait reconstituer l'image d'un fruit.



**Figure 1.** Exemple de stimuli utilisés dans les épreuves de mémoire visuelle des formes (A), de figures enchevêtrées (B), d'histoires en images (C), d'appariement de formes (D) et de puzzles de fruits (E).

### Figures enchevêtrées (FE)

Cette épreuve, qui vise à évaluer l'analyse visuelle et à détecter d'éventuels signes de simultagnosie, a été élaborée sur la base d'une épreuve utilisée chez l'adulte [19]. Ici, sept planches verticales au format A4 et contenant chacune des FE (de trois à sept figures par planche ; figure 1B) étaient présentées successivement à l'enfant. Pour chaque planche, l'enfant devait dénommer tous les objets qu'il pouvait

voir. Un point était attribué pour chaque réponse correcte, soit un score maximum de 23 points.

### Bissection de ligne

Quatre lignes horizontales (1 mm d'épaisseur) étaient présentées individuellement et centrées sur des feuilles au format A4 [20, 21]. Les longueurs respectives de ces lignes étaient de 5, 20, 20 et 5 cm. L'enfant devait placer une



marque verticale pour indiquer le milieu de chaque ligne. L'écart entre le centre réel et la marque de bissection a été mesuré (en millimètre) pour chaque ligne. Les déviations vers la droite ont été cotées positivement et les déviations vers la gauche négativement.

### Histoires en images

Cette épreuve voulait évaluer les capacités d'analyse visuelle de scènes familières. Deux histoires, comprenant chacune quatre images en couleur (*figure 1C*), de format 10 × 10 cm, ont été écrites et dessinées par nos soins. Pour chaque histoire, l'examineur posait devant l'enfant les quatre images de l'histoire dans un ordre prédéfini, puis demandait à l'enfant de reconstituer l'histoire dans son ordre chronologique. Cette épreuve était chronométrée. Pour chacune des histoires, deux points étaient accordés si l'ordre était restitué dans un temps inférieur à 75 secondes, un point si l'ordre était restitué dans un temps supérieur à 75 secondes et 0 point lorsque l'ordre n'était pas retrouvé. Au total, l'épreuve était notée sur quatre points.

*L'appariement de formes (ApF) et de lettres* : afin d'évaluer la qualité de l'attention sélective et de l'analyse visuelle, 16 feuilles au format A4, huit avec des items de type forme et huit avec des items de type lettre, ont été présentées successivement à l'enfant. Chaque feuille comportait sept items alignés horizontalement au centre de la feuille. L'item modèle était isolé à l'extrémité droite (dans la moitié des essais) ou gauche de cette ligne de stimuli. L'enfant devait appairer l'item modèle avec son homologue se trouvant parmi des distracteurs, tous visuellement proches du modèle. Les stimuli étaient tirés d'un matériel de rééducation mais modifiés selon les critères choisis et adaptés à l'âge de la population. Les items du subtest forme (*figure 1D*) ont été sélectionnés selon trois critères répartis équitablement : caractère verbalisable ou non, symétrie et orientation. Les items du subtest lettres ont été entièrement créés et sélectionnés selon les critères suivants, représentés équitablement : majuscule/minuscule ; consonne/voyelle, symétrie, orientation gauche/droite et caractère fréquent ou non de la lettre.

Un point était attribué pour chaque appariement correct, soit un score maximal de huit points pour chaque subtest.

### Puzzles de fruits

Cette épreuve évaluait la capacité de l'enfant à se représenter, mentalement, les images disposées devant lui (*figure 1E*). Pour cela, nous avons créé 12 planches, représentant chacune le dessin d'un demi-fruit. L'enfant devait reconstituer l'image complète d'un fruit à partir des trois planches présentées devant lui. Un point était attribué pour chaque fruit correctement recréé, soit un score maximum de six points.

## Analyse

Dans un premier temps, les distributions des performances des enfants de la population tout-venant ont été utilisées pour sélectionner les tests les plus susceptibles de dépister des troubles neurovisuels chez le très jeune enfant. Il s'agissait donc d'écarter les épreuves trop faciles (c'est-à-dire, réussies par la quasi-totalité du groupe), ou trop difficiles (c'est-à-dire échouées par la quasi-totalité du groupe), ou présentant une trop grande variabilité interindividuelle. De plus, afin d'éviter une trop grande redondance dans les tests inclus dans la batterie finale, des analyses de corrélations (corrélations de Pearson) ont été effectuées entre les performances aux deux subtests de poursuite oculaire et entre les performances aux trois épreuves de barrage de cibles.

Afin d'évaluer leur spécificité, les performances des quatre groupes aux épreuves ainsi sélectionnées ont ensuite été analysées à l'aide d'une analyse de variance (Anova) comparant ces quatre groupes à l'intérieur de chacun des tests. Des analyses *post-hoc* (test LSD) ont été effectuées afin de déterminer l'origine de l'effet groupe lorsqu'il était observé.

Enfin, les critères de dépistage ont été établis selon une méthode précédemment utilisée [22, 23] et utilisant une dichotomie (échoué vs réussi) avec un seuil de 5 % (choisi arbitrairement). Dans un premier temps, les performances des enfants ont été dichotomisées à l'intérieur de chaque test. Le score isolant 5 % (ou au plus proche) des enfants avec le plus de difficultés (c'est-à-dire, avec les scores les plus faibles) correspondait au score seuil de l'épreuve considérée. En deçà de ce score, l'enfant était considéré comme ayant échoué l'épreuve, et au-dessus de ce score, il était considéré comme ayant réussi l'épreuve. Dans un second temps, cette même dichotomie a été réalisée à l'échelle de l'ensemble de la batterie pour déterminer le nombre d'épreuves devant être échouées pour considérer l'enfant comme dépisté.

L'ensemble des analyses a été effectué à l'aide du logiciel Statistica (version 5.5) et le seuil de significativité ( $\alpha$ ) a été fixé à 0,05.

## Résultats

### Sélection des tests

Les distributions de la population tout-venant dans les 14 épreuves de cette première batterie, présentées en Annexe A, montrent que plus de 90 % de la population tout-venant réussit, avec le maximum des scores, les épreuves de mémoire visuelle des lettres, d'appariement de lettres et de puzzles de fruits. À l'inverse, plus de 60 % de la population échoue complètement (score = 0) aux épreuves de champ visuel et d'histoires en images. Enfin, l'épreuve de bissection manuelle de lignes montre une grande variabilité interindividuelle (longues lignes : biais

moyen  $\pm$  écart-type =  $0,18 \pm 5,40$  mm ; intervalle :  $[-15,5-+11]$  ; petites lignes : biais moyen  $\pm$  écart-type =  $-0,43 \pm 1,99$  mm ; intervalle :  $[-8,5-+4,5]$ . Les épreuves indiquées ci-dessus ont donc été exclues de la batterie, dans le premier cas, car elles sont trop faciles, dans le second cas, car elles sont trop difficiles et dans le dernier cas, car elles s'accompagnent d'une trop grande variabilité.

Enfin, l'analyse de corrélation a mis en évidence des corrélations positives et significatives entre les performances aux deux tests de poursuite visuelle ( $r = 0,77$  ;  $p < 0,01$ ), entre les scores au barrage de nounours (BN) et au barrage de « A » (BA) ( $r = 0,23$  ;  $p < 0,05$ ), les scores au BN et au barrage de traits ( $r = 0,30$  ;  $p < 0,01$ ), et les scores au BA et au barrage de traits ( $r = 0,21$  ;  $p < 0,05$ ). Pour l'épreuve de poursuite oculaire, le mouvement pseudoaléatoire semblant *a priori* plus difficile à réaliser que le mouvement ordonné, ce premier a été retenu. Pour les épreuves de barrage, le test le plus simple, le barrage de traits a été écarté, et le test le plus difficile, le barrage des « A » a été gardé. De plus, le barrage des nounours a aussi été conservé, car il s'agirait de la seule épreuve étalonnée chez l'enfant de moins de six ans. Finalement, les données de la population tout-venant montrent qu'environ 80 % de ces enfants réussissent parfaitement cinq des six épreuves retenues.

## Spécificité des tests sélectionnés

Les performances des quatre groupes d'étude, présentées dans le *tableau 1*, ont donc été comparées sur les six épreuves sélectionnées, à savoir les tests de : poursuite pseudoaléatoire (PPA), mémoire visuelle des formes (MVF), BN, BA, FE et ApF. Dans les paragraphes suivants sont indiqués entre parenthèses les scores moyens  $\pm$  l'écart-type.

Les différentes Anova effectuées mettaient en évidence un effet significatif du groupe dans les épreuves de PPA ( $F[3,145] = 4,34$  ;  $p < 0,01$ ) et de FE ( $F[3,144] = 4,46$  ;  $p < 0,01$ ). De plus, une tendance à un effet significatif du

groupe était observée dans le test d'ApF ( $F[3,145] = 2,62$  ;  $p = 0,053$ ). Dans les deux premières épreuves, le groupe neurovisuel (PPA :  $1,66 \pm 1,50$  ; FE :  $19,33 \pm 7,12$ ) obtenait un score plus faible (post-hoc, test LSD ;  $p < 0,05$ ) que ceux des groupes témoins (PPA :  $2,49 \pm 0,78$  ; FE :  $21,76 \pm 1,41$ ), ophtalmologique (PPA :  $2,95 \pm 0,22$  ; FE :  $21,21 \pm 2,51$ ) et dysphasique (PPA :  $2,58 \pm 1,00$  ; FE :  $22,58 \pm 0,51$ ). De plus, alors que ces trois derniers groupes avaient des performances similaires dans les FE (post-hoc, test LSD,  $p > 0,05$ ), le groupe ophtalmologique obtenait un score moyen plus élevé que celui du groupe témoin (post-hoc, test LSD ;  $p < 0,05$ ) dans l'épreuve de PPA. Enfin, la tendance constatée dans l'épreuve d'ApF résultait de meilleurs scores dans le groupe dysphasique ( $7,83 \pm 0,39$ ) que dans les groupes ophtalmologique ( $7,10 \pm 1,48$ ) ; post-hoc, test LSD,  $p < 0,05$ ) ou neurovisuel ( $6,67 \pm 2,34$  ; post-hoc, test LSD ;  $p < 0,05$ ).

En revanche, aucun effet du groupe n'était observé dans les épreuves de MVF (témoins :  $3,65 \pm 0,68$  ; ophtalmologique :  $3,70 \pm 0,57$  ; dysphasique :  $4,00 \pm 0,00$  ; neurovisuel :  $3,33 \pm 0,82$ ), BN (témoins :  $14,69 \pm 0,63$  ; ophtalmologique :  $14,70 \pm 0,66$  ; dysphasique :  $14,92 \pm 0,29$  ; neurovisuel :  $14,67 \pm 0,82$ ) et BA (témoins :  $12,21 \pm 2,30$  ; ophtalmologique :  $12,20 \pm 2,44$  ; dysphasique :  $12,50 \pm 1,88$  ; neurovisuel :  $12,83 \pm 2,56$ ), où les quatre groupes d'étude avaient donc des performances similaires.

## Critères de dépistage

Sur la base des distributions des performances du groupe témoin dans chacune des six épreuves retenues, le score regroupant environ 5 % (où la valeur la plus proche) des enfants aux performances les plus faibles a été déterminé et correspondait au score seuil (*tableau 2*). Les scores seuils obtenus étaient les suivants : 0 pour la PPA (regroupant 1,80 % des enfants), 2 pour la MVF (regroupant 5,41 % des enfants), 13 pour le BN (regroupant 5,41 % des enfants), 8 pour le BA (regroupant 6,31 % des enfants),

**Tableau 1.** Scores moyens  $\pm$  écarts-types des groupes témoin, neurovisuel, ophtalmologique (ophtalmol.) et dysphasique dans les épreuves de poursuite pseudoaléatoire (PPA), de mémoire visuelle des formes (MVF), de barrage de nounours (BN), de barrage de « A » (BA), de figures enchevêtrées (FE) et d'appariement de formes (ApF)

	Témoins ( $n = 111$ )	Neurovisuels ( $n = 6$ )	Ophtalmol. ( $n = 20$ )	Dysphasiques ( $n = 12$ )
PPA (max = 3) <sup>a</sup>	$2,49 \pm 0,78$	$1,66 \pm 1,50$	$2,95 \pm 0,22$	$2,58 \pm 1,00$
MVF (max = 4)	$3,65 \pm 0,68$	$3,33 \pm 0,82$	$3,70 \pm 0,57$	$4,00 \pm 0,00$
BN (max = 15)	$14,69 \pm 0,63$	$14,67 \pm 0,82$	$14,70 \pm 0,66$	$14,92 \pm 0,29$
BA (max = 15)	$12,21 \pm 2,30$	$12,83 \pm 2,56$	$12,20 \pm 2,44$	$12,50 \pm 1,88$
FE (max = 23) <sup>a</sup>	$21,76 \pm 1,41$	$19,33 \pm 7,12$	$21,21 \pm 2,51$	$22,58 \pm 0,51$
ApF (max = 8) <sup>b</sup>	$7,43 \pm 0,77$	$6,67 \pm 2,34$	$7,10 \pm 1,48$	$7,83 \pm 0,39$

Max : score maximum.

<sup>a</sup> Effet principal du groupe significatif (Anova ;  $p < 0,05$ ).

<sup>b</sup> Effet principal du groupe à la limite de la significativité (Anova ;  $p = 0,053$ ).

**Tableau 2.** Pourcentage cumulé d'enfants de la population témoin pour chacun des scores observés dans chacune des épreuves de la batterie (poursuite pseudoaléatoire [PPA], mémoire visuelle des formes [MVF], barrage de nounours [BN], barrage de « A » [BA], figures enchevêtrées [FE], appariement de formes [ApF]) et sur l'ensemble de la batterie. Les pourcentages cumulés les plus proches du seuil de 5 % sont indiqués en gras

	PPA	MVF	BN	BA	FE	ApF	Batterie
0	<b>1,80</b>	0,90	0	0	0	0	0
1	14,41	1,80	0	0	0	0	0
2	34,23	<b>5,41</b>	0	0	0	0	0
3 (max PPA)	100	27,03	0	0,90	0	0	0,90
4 (max MVF)		100	0	0,90	0	0,90	<b>5,41</b>
5			0	0,90	0	<b>2,70</b>	21,62
6 (max batterie)			0	1,80	0	9,01	100
7			0	3,60	0	44,14	
8 (max ApF)			0	<b>6,31</b>	0	100	
9			0	9,91	0		
10			0	24,32	0		
11			0	32,43	0		
12			1,80	49,55	0		
13			<b>5,41</b>	63,96	0		
14			23,42	84,68	0		
15 (max BN et BA)			100	100	0		
16					0		
17					1,80		
18					2,70		
19					<b>6,31</b>		
20					12,61		
21					27,93		
22					54,95		
23 (max FE)					100		

19 pour les FE (regroupant 6,31 % des enfants), et 5 pour l'ApF (regroupant 3,60 % des enfants).

Selon un principe de dichotomie, tout score observé inférieur ou égal au score seuil conduisait à considérer que l'enfant avait échoué l'épreuve. Ensuite, pour chacun des enfants du groupe témoin, le nombre d'épreuves réussies a été comptabilisé. Le même principe de dichotomie avec un seuil de 5 % a ensuite été utilisé pour déterminer le nombre maximum d'épreuves devant être réussies pour envisager la présence de trouble neurovisuel. Ainsi, la valeur seuil observée sur l'ensemble de la batterie s'élevait à 4 (regroupant 5,41 % des enfants). En d'autres termes, les enfants ne réussissant que quatre (ou moins) des six épreuves de la batterie sont susceptibles de présenter un trouble neurovisuel. Sur cette base, six enfants de notre groupe

tout-venant étaient considérés comme dépistés suite à l'échec d'au moins deux épreuves de la batterie.

## ■ Discussion

Cette étude s'est intéressée à développer un outil permettant de dépister les troubles neurovisuels chez le très jeune enfant de la population tout-venant. Pour cela, un ensemble de test papier-crayon a été utilisé pour évaluer les capacités d'exploration, de mémoire, d'analyse fine et d'attention. Quatre groupes d'enfants ont complété ces différentes épreuves afin d'évaluer la sensibilité et la spécificité de la batterie élaborée.

Dans l'ensemble, les épreuves utilisées étaient adaptées à une population de très jeunes enfants, âgés de quatre à six

ans à l'exception de l'épreuve du champ visuel. En effet, cette épreuve s'est révélée impossible à coter pour la grande majorité des enfants, puisqu'ils étaient incapables d'inhiber leurs mouvements oculaires latéraux. Néanmoins, il est absolument nécessaire de tenter d'évaluer, systématiquement, l'étendue du champ visuel de l'enfant du fait de l'absence de plainte spontanée de celui-ci qui ne connaît pas l'étendue supposée d'un CV normal et des conséquences d'une telle réduction sur les capacités d'apprentissage. Nous proposons donc d'inclure dans la batterie une méthode clinique simple d'évaluation du CV, par confrontation et préhension. Cette technique consiste à demander à l'enfant de saisir un objet présenté dans les différents cadrans du champ visuel tout en fixant l'examineur des yeux.

Après avoir écarté les tests les plus faciles et les plus difficiles, six épreuves ont été retenues pour constituer la batterie rapide de dépistage. L'adéquation de ces épreuves pour les très jeunes enfants est mise en évidence par le fait que presque 80 % de la population générale réussit cinq de ces six épreuves.

Concernant la spécificité de la batterie, de manière assez surprenante, une différence entre le groupe neurovisuel et les autres groupes d'étude n'est observée que dans deux des six épreuves. Pour les tests de poursuite visuelle pseudoaléatoire et de FE, les enfants souffrant d'un trouble neurovisuel avaient des scores plus faibles que les trois autres groupes, ce qui met en évidence la spécificité de ces épreuves. En revanche, le groupe neurovisuel n'obtient pas de score inférieur à ceux des autres groupes pour les épreuves de MVF, de BN, de BA et d'ApF. Trois éléments peuvent contribuer à ces résultats contre-intuitifs : l'âge de ce groupe, un entraînement aux tests et la rééducation reçue. Concernant l'âge, le groupe neurovisuel inclus était en moyenne plus âgé que les trois autres groupes d'étude. Les aptitudes visuo-attentionnelles étant plus développées à l'âge de sept-huit ans qu'à l'âge de quatre-six ans, ce facteur peut avoir contribué à masquer une différence entre le groupe neurovisuel et les autres populations. De plus, s'agissant d'enfants présentant un trouble neurovisuel, ils ont donc été amenés à compléter à plusieurs reprises les différents tests. Par conséquent, nous ne pouvons exclure que l'existence d'un effet d'entraînement aux tests retenus dans notre batterie soit responsable du faible nombre d'épreuves échouées par le groupe neurovisuel. Pour finir, les patients de ce groupe étaient non seulement diagnostiqués pour un trouble neurovisuel, mais ils étaient aussi pris en charge pour leur(s) déficit(s). Par conséquent, la rééducation reçue par ces enfants pourrait avoir « restauré » certaines aptitudes visuelles et explique l'absence de différences entre la population tout-venant et le groupe neurovisuel dans certaines épreuves de notre batterie. Finalement, il semble nécessaire de procéder à l'évaluation d'enfants en phase aiguë puis après cette phase pour confirmer la spécificité de notre batterie aux troubles neurovisuels, mais aussi évaluer l'influence de la récupération et de la rééducation sur les déficits constatés à la batterie.

Le groupe ophtalmologique n'était pas différent du groupe témoin quelle que soit l'épreuve, à l'exception du test de poursuite visuelle pseudoaléatoire où ce groupe obtenait un meilleur score que le groupe témoin. Dans l'ensemble, ces données suggèrent que les épreuves de la batterie sont plus sensibles aux troubles neurovisuels qu'aux troubles ophtalmologiques. En revanche, le résultat observé dans l'épreuve de poursuite visuelle pseudoaléatoire peut s'expliquer par le fait que ces enfants sont pris en charge pour leur trouble visuel périphérique, c'est-à-dire qu'ils suivent une rééducation orthoptique et qu'ils sont donc entraînés à suivre des cibles en mouvement.

Concernant les performances du groupe dysphasique, nos données ne révèlent pas de différence significative entre les scores des enfants de la population tout-venant et les enfants dysphasiques, à l'exception de l'épreuve de FE où ils ont un score supérieur à celui du groupe témoin. Par conséquent, le traitement des informations visuelles ne présente pas d'anomalie particulière chez les enfants souffrant d'un trouble du langage oral. En revanche, le groupe neurovisuel montre des performances inférieures à celle du groupe dysphasique dans les épreuves de poursuite visuelle pseudoaléatoire, de FE et d'ApF. Cela suggère que les tests sélectionnés sont sensibles aux troubles neurovisuels mais pas aux troubles du langage oral. Enfin, le score plus élevé du groupe dysphasique dans l'épreuve de FE s'explique, sans doute, par la prise en charge reçue par ces patients. En effet, dans le cadre d'un trouble du langage, la rééducation consiste, entre autres, à demander aux enfants de dénommer des objets ou des dessins. Par conséquent, il pourrait exister une forme d'entraînement à ce type de tâche chez les enfants dysphasiques.

Pour finir, selon les critères de dépistage définis dans ce travail, six enfants devaient être considérés comme dépistés, puisqu'ils avaient échoué à au moins deux épreuves de la batterie. Chacun de ces enfants a été dirigé vers un praticien pour réaliser un bilan neurovisuel plus complet. À ce jour, trois de ces enfants ont réalisé un tel bilan qui a mis en évidence, chez deux d'entre eux, la présence d'un trouble neurovisuel (par exemple, un trouble du témoin volontaire du regard, trouble de la poursuite et de la stratégie visuelle exploratoire/des signes d'ataxie optique/une simultagnosie/un trouble massif de l'exploration visuelle/un trouble de la mémoire visuelle/une agnosie visuelle pour les images avec un faible contraste ou avec une présentation non prototypique, enfin un doute sur l'intégrité du champ visuel pour lequel un examen périmétrique est demandé) **Merci de vérifier cette phrase.**

Ces éléments permettent de confirmer :

- les critères de dépistage établis pour notre batterie ;
- la spécificité de notre batterie à dépister les troubles neurovisuels ;
- la sensibilité de cette batterie aux enfants porteurs de troubles mais encore non diagnostiqués.



## ■ Conclusion

Dans l'ensemble, cette première étape dans l'élaboration de la batterie aboutit à des résultats satisfaisants, quant à la sensibilité et la spécificité de la batterie utilisée. Néanmoins, une évaluation rigoureuse de l'étendue du champ visuel de l'enfant n'a pu être élaborée, et il est donc nécessaire de procéder comme en clinique par confrontation/préhension pour cet examen. En revanche, cette étude a permis, non seulement, de déterminer les épreuves les plus susceptibles de dépister des troubles neurovisuels dans la population tout-venant, mais nous a aussi permis d'élaborer des critères de dépistage appropriés à une très jeune population. Parmi les travaux initiés par cette étude, une version plus élaborée de notre batterie de dépistage, comprenant l'évaluation initiale présentée ici et complétée par un test évaluant les capacités de fixation visuelle et un autre vérifiant l'absence d'extinction visuelle, est en cours de validation. Parallèlement, nous développons,

actuellement, le bilan neurovisuel dans sa version rapide (dépistage) et plus approfondie destiné aux enfants plus âgés (de six à 12 ans). La mise en évidence de troubles neurovisuels chez l'enfant, quel que soit son âge, permet, en effet, d'éviter un retentissement de ces troubles sur les apprentissages, de prendre en charge ces troubles de manière spécifique et de spécifier l'origine neurologique du trouble d'un enfant en difficulté. ■

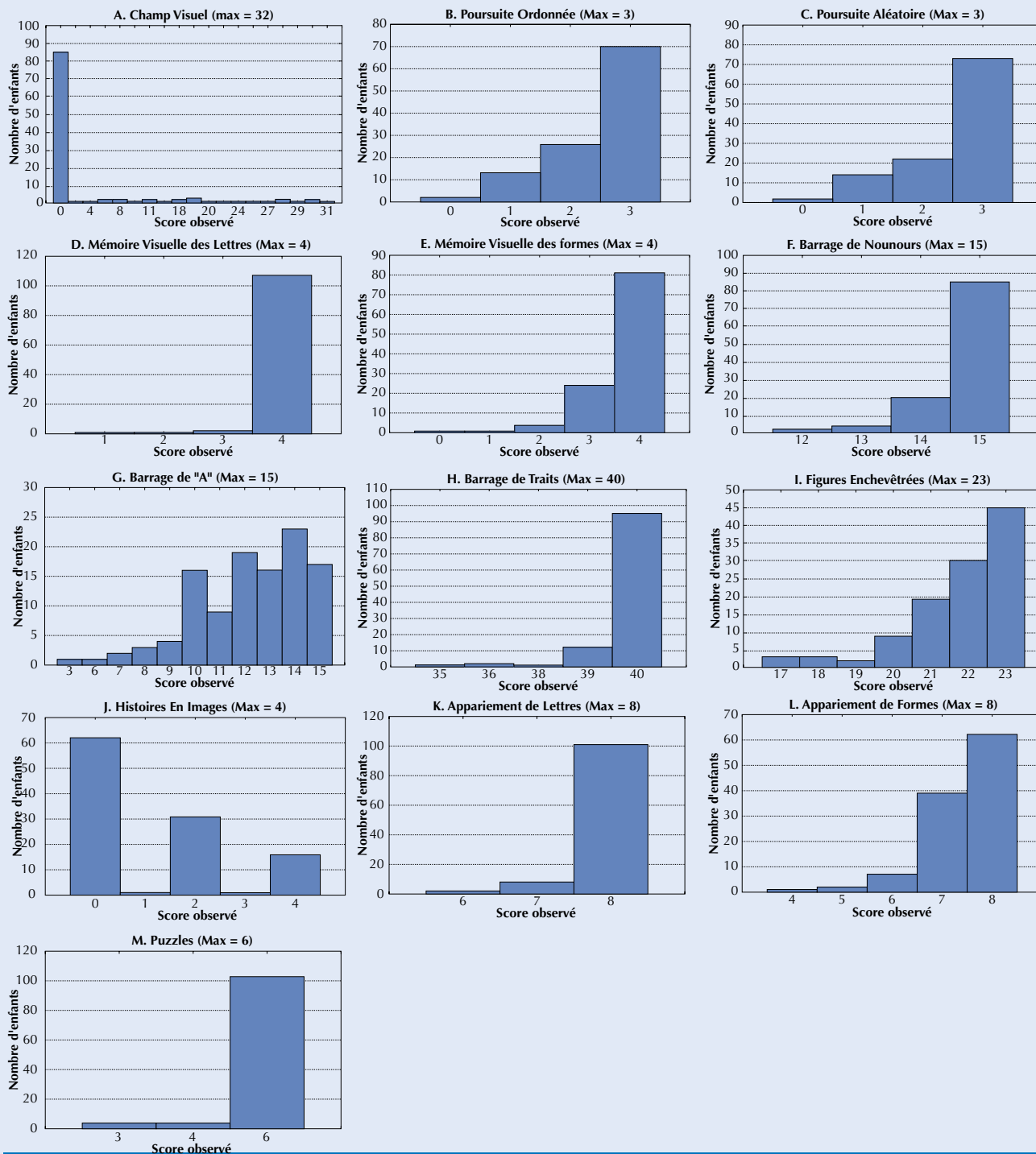
## Remerciements

Cette étude a bénéficié du concours financier de la direction générale de la santé (Paris, France) et des Fondations Rothschild (New York, États-Unis et Genève, Suisse). Le premier auteur, MV, recevait une allocation doctorale (MNERT) attribuée à l'université Pierre-Mendès-France de Grenoble.

ÉP REUVES

Annexe A

Représentations graphiques des distributions de la population tout-venant dans les épreuves de champ visuel (sur 32 ; **A**), poursuite ordonnée (sur 3 ; **B**), poursuite pseudoaléatoire (sur 3 ; **C**), mémoire visuelle des lettres (sur 4 ; **D**) et des formes (sur 4 ; **E**), barrage de nouns (sur 15 ; **F**), barrage de « A » (sur 15 ; **G**), barrage de traits (sur 40 ; **H**), figures enchevêtrées (sur 23 ; **I**), histoire en images (sur 4 ; **J**), appariement de lettres (sur 8 ; **K**) et de formes (sur 8 ; **L**), et de puzzles de fruits (sur 6 ; **M**).



## Références

1. Chokron S. Prise en charge neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. In : Belin C, Boucart M, Hénaff MA, eds. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*. Marseille : Édition Solal, 1998 : 115-32.
2. De Agostini M, Chokron S, Laurent-Vannier A. Approche neuropsychologique de l'organisation de l'espace chez l'enfant : influence des facteurs biologiques et culturels. In : Hommet C, Jambaqué I, Billard C, Gillet P, eds. *Neuropsychologie de l'enfant et troubles du développement*. Marseille : Edition Solal, 2005.
3. Jacquier-Roux M, Zorman M. Entraînement visuel et apprentissage de la lecture en cours préparatoire. In : *Entraînement Visuel – Pour en savoir plus*. Grenoble : Les éditions de la Cigale, Collection Michèle-Petris, 1998 : 9-14.
4. Stein J, Walsh V. To see but not to read, the magnocellular theory of dyslexia. *Trends Neurosci* 1997 ; 20 : 147-52.
5. Nazir TA. Mouvements oculaires et la lecture. In : Delorme A, Flückiger M, eds. *Perception et réalité, une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles : De Boeck Université, 2003 : 311-22.
6. Nazir TA. Les mouvements oculaires et la lecture. In : Boucart M, Hénaff MA, Belin C, eds. *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*. Marseille : Solal, 1998 : 311-21.
7. Eden GF, VanMeter JW, Rumsey JM, Zeffiro TA. The visual deficit theory of developmental dyslexia. *Neuroimage* 1996 ; 4 : 108-17.
8. Ferrand L. Les mouvements des yeux. In : Ferrand L, ed. *Cognition et lecture : processus de base de la reconnaissance des mots écrits chez l'adulte*. Bruxelles : De Boeck Université, 2001 : 29-32.
9. Casalis S. Mouvements oculaires. In : *Vision et langage : regard, dyslexie, troubles neurovisuels, actes de la 16<sup>e</sup> journée de neuropsychologie et de rééducation du centre hospitalier Emile-Roux de Limeil-Brévannes*. Hazebrouck : OrthoEdition, 1998 : 145-59.
10. Chokron S, Marendaz C. *Comment voyons-nous?*. Editions Le Pommier, 2005.
11. Facoetti A, Paganoni P, Lorusso ML. The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Exp Brain Res* 2000 ; 132 : 531-8.
12. Paine RS. Syndromes of "minimal cerebral damage". *Pediatr Clin North Am* 1968 ; 15 : 779-801.
13. Vidyasagar TR. Neural underpinnings of dyslexia as a disorder of visuospatial attention. *Clin Exp Optom* 2004 ; 87 : 4-10.
14. De Agostini M, Dellatolas G. Une épreuve simple pour évaluer la préférence manuelle chez l'enfant à partir de trois ans. In : *Enfance*. 1988 : 139-47 (tome 41).
15. Fazzi E, Giovanna Signorini S, Maria Bova S, et al. Spectrum of visual disorders in children with cerebral visual impairment. *J Child Neurol* 2007 ; 22 (3) : 294-301.
16. Laurent-Vannier A, Chevignard M, Pradat-Diehl P, Abada G, de Agostini M. Assessment of unilateral spatial neglect in children using the Teddy bear cancellation Test. *Dev Med Child Neurol* 2006 ; 48 : 120-5.
17. Corkum V, Byrne JM, Ellsworth C. Clinical assessment of sustained attention in preschoolers. *Child Neuropsychol* 1995 ; 1 : 3-18.
18. Albert ML. A simple test of visual neglect. *Neurology* 1973 ; 23 : 658-64.
19. Pillon B, Dubois B, Bonnet AM, et al. Cognitive slowing in parkinson's disease fails to respond to levodopa treatment: the 15-objects test. *Neurology* 1989 ; 39 : 762-8.
20. GEREN. *Batterie d'évaluation de la négligence unilatérale du GEREN*. Paris : Ortho Edition, 2002.
21. Chokron S, de Agostini M. Reading habits and line bisection: a developmental approach. *Cogn Brain Res* 1995 ; 3 : 51-8.
22. Dellatolas G, Watier L, Giannopulu I, Chevie-Muller C. Comportement perturbateur, difficultés d'attention et apprentissages entre 3, 5 ans et 8 ans: une étude longitudinale en milieu scolaire. *Arch Pediatr* 2007 ; 14 : 227-33.
23. Watier L, Dellatolas G, Chevie-Muller C. Difficultés de langage et de comportement à trois ans et demi et retard en lecture au cours élémentaire. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2006 ; 54 : 327-39.