



**HAL**  
open science

# Corrélations entre neurovision et phonologie : étude chez des enfants de 4 ans présentant des fragilités langagières

Simon Got

► **To cite this version:**

Simon Got. Corrélations entre neurovision et phonologie : étude chez des enfants de 4 ans présentant des fragilités langagières. Sciences cognitives. 2019. dumas-02175055

**HAL Id: dumas-02175055**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02175055v1>**

Submitted on 5 Jul 2019

**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.



Normandie Université

## MEMOIRE

Pour l'obtention du Certificat de Capacité en Orthophonie

Préparé au sein du Département d'Orthophonie,  
UFR Santé, Université de Rouen Normandie

### Corrélations entre neurovision et phonologie : étude chez des enfants de 4 ans présentant des fragilités langagières

Présenté et soutenu par  
Simon GOT

Mémoire de recherche

Mémoire soutenu publiquement le 27 juin 2019  
devant le jury composé de

M. Frédéric PASQUET	Orthophoniste et maître de conférences en sciences du langage	Codirecteur de mémoire
Mme Charlotte GIBERT	Orthoptiste (Rouen)	Examinatrice et Présidente du jury
Mme Christelle MENAGER	Orthophoniste (Le Havre)	Examinatrice

Mémoire dirigé par Frédéric PASQUET et Laurence ROSIERE

Centre de Recherches sur les Fonctionnements et Dysfonctionnements Psychologiques (CRFDP, EA 7475),  
Université de Rouen Normandie



Normandie Université

# REMERCIEMENTS

Merci à Frédéric Pasquet de m'avoir accompagné dans la réalisation de ce mémoire, de m'avoir proposé cette thématique, guidé et conseillé sans m'imposer ses idées.

Merci à Laurence Rosière de m'avoir tant appris tout au long de cette année, de m'avoir permis de prendre un peu plus confiance en moi, et de m'avoir accompagné dans ce travail difficile.

Merci à Charlotte Gibert d'avoir accepté le rôle de présidente de mon jury.

Merci à Christelle Ménager d'avoir accepté de faire partie de mon jury malgré la distance, et merci encore pour le stage si enrichissant que j'ai réalisé à tes côtés l'an dernier.

Merci à toutes les orthophonistes qui ont pris de leur temps pour m'aider dans la passation des épreuves : Fabienne Ogel-Stum, Louise Kervella, Audrey Amand, Séverine Robert, Claire Vollet, Isabelle Mangin, Sophie Jaffré, Laurence Berlioz et Marie Terrier. Merci aussi aux patients qui ont participé à cette étude.

Merci à Delphine Dehouck pour sa relecture et ses conseils sur la partie orthoptique.

Merci à Claire Le Maho de m'avoir accueilli en stage et fait confiance toute cette année, et aux côtés de qui j'ai beaucoup appris.

Merci à Laura et Margot pour leur super travail de passation auprès des enfants tout-venant.

Merci à Valentin pour sa création du logiciel, repris efficacement malgré l'urgence.

Merci à Caroline Thill pour son aide dans la méthode et les statistiques de cette étude.

Merci à Louise, Mathilde et Clotilde... pour tout ! Merci pour votre amitié dans les bons moments comme dans les plus durs, pour tout ce qu'on a déjà partagé et ce qu'on partagera encore !

Merci à Alice pour son amitié et son humour durant ces 5 années. A bientôt en Basse-Normandie ?

Merci à mes parents, à mes frères Baptiste et Adrien pour leur soutien malgré mes découragements, ma fatigue et mes « quelques » énervements.

Merci à mes grands-parents, oncles, tantes, cousins et cousines d'être là au quotidien.

Merci à Clémence, ma marraine ortho, pour tous ses précieux conseils.

Merci à toutes les orthophonistes qui m'ont accueilli en stage ces trois dernières années et qui ont confirmé mon envie de faire ce métier.

Enfin, merci à la promotion 2014-2019 avec qui ce fut un plaisir de passer ces cinq ans !

# Table des matières

Remerciements .....	3
Table des annexes .....	6
Table des figures .....	6
Table des tableaux .....	7
Introduction .....	8
I. Contexte théorique .....	9
I.1. Fonctions neurovisuelles .....	9
I.1.1. Motricité oculaire .....	9
I.1.2. Muscles oculomoteurs .....	9
I.1.3. Mouvements oculaires .....	10
I.1.3.1. Saccades .....	10
I.1.3.2. Poursuite .....	11
I.1.3.3. Vergence .....	12
I.1.3.4. Fixation .....	12
I.1.3.5. Mouvements vestibulo-oculaires .....	12
I.1.4. Attention et mémoire visuelles .....	13
I.1.5. Réseau cérébral visuel : voies et dysfonctions .....	13
I.1.5.1. Voie ventrale et voie dorsale .....	13
I.1.5.2. Atteintes de la voie dorsale .....	15
I.2. Phonologie .....	16
I.2.1. Développement de la phonologie .....	16
I.2.1.1. Réception .....	16
I.2.1.2. Production .....	16
I.2.2. Réseau cérébral phonologique .....	17
I.2.3. Troubles phonologiques .....	19
I.2.3.1. Définition selon le DSM-IV .....	19
I.2.3.2. Définition selon le DSM-V .....	20
I.2.3.3. Hypothèses étiologiques des troubles phonologiques .....	20
I.3. Proximité des réseaux neurovisuels et phonologiques .....	21
I.4. Problématique : objectifs et hypothèses .....	22
II. Méthode .....	24
II.1. Population .....	24
II.2. Matériel .....	26
II.2.1. Epreuves langagières .....	26

II.2.2. Epreuves visuelles .....	26
II.2.2.1. Principes .....	26
II.2.2.2. Description .....	27
II.3. Procédure de recueil .....	31
I.4. Analyses statistiques .....	32
III. Résultats .....	35
III.1. Statistiques descriptives des résultats.....	35
III. 2. Effet de l'âge sur les performances .....	36
III.3. Vérification de l'hypothèse 1 .....	36
III.3.1. Comparaison des résultats à l'épreuve d'acuité visuelle .....	37
III.3.2. Comparaison des résultats aux épreuves neurovisuelles .....	38
III.3.3. Analyse des temps.....	39
III.4. Vérification de l'hypothèse 2 .....	40
IV. Discussion .....	42
IV.1. Re-contextualisation .....	42
IV.2. Discussion de la méthode .....	42
IV.2.1. Validité de la mesure.....	43
IV.2.2. Sensibilité de la mesure .....	43
IV.2.3. Fidélité de la mesure .....	44
IV.3. Discussion des résultats : liens entre les fonctions cognitives étudiées .....	46
IV.3.1. Acuité et fonctions neurovisuelles .....	46
IV.3.2. Acuité et phonologie .....	47
IV.3.3. Fonctions neurovisuelles et phonologie.....	48
IV.4. Limites et perspectives .....	49
IV.4.1. Nombre d'enfants .....	50
IV.4.2. Capacités attentionnelles des enfants .....	50
IV.4.3. Qualités métrologiques des épreuves .....	50
IV.4.4. Nouvelles épreuves et futures études.....	51
IV.4.5. Absence d'examens complémentaires.....	51
IV.5. Intérêt de cette étude dans la pratique orthophonique .....	52
V. Conclusion.....	53
Bibliographie .....	55
Annexes.....	58
Résumé .....	62

## Table des annexes

Annexe 1 - Carte mentale des fonctions neurovisuelles (Vanberten, 2016) .....	58
Annexe 2 - Exemple d'un écran de résultats .....	59
Annexe 3 - Tableau des résultats des enfants tout-venant .....	60
Annexe 4 - Tableau des résultats des enfants suivis en orthophonie .....	61

## Table des figures

Figure 1 - Contributions des six muscles oculaires (Purves et al., 2004) .....	10
Figure 2 - Voie ventrale et voie dorsale (Imbert, 2002) .....	14
Figure 3 - Réseau cérébral langagier (Van der Lely & Pinker, 2014) .....	17
Figure 4 - Schéma des aires de Brodmann (Gray, 1918) .....	19
Figure 5 - Schéma synthétique des réseaux neurovisuels et langagiers (d'après Chang, Raygor, & Berger, 2015) .....	22
Figure 6 - Epreuve d'Acuité visuelle .....	27
Figure 7 - Epreuve des Chemins .....	28
Figure 8 - Epreuve de Barrage .....	29
Figure 9 - Epreuve des Carroms .....	30
Figure 10 - Epreuve d'Identification de Modèles .....	30
Figure 11 - Epreuve de Jugement des Pareils .....	31
Figure 12 - Nuage de points des scores totaux par âge .....	36
Figure 13 - Nuage de points représentant les scores d'acuité visuelle et totaux.....	38
Figure 14 - Nuage de points représentant les corrélations entre acuité visuelle et phonologie .....	40
Figure 15 - Nuage de points représentant les corrélations entre fonctions neurovisuelles et phonologie.....	40
Figure 16 - Séparation des enfants en deux sous-groupes selon leurs performances neurovisuelles .....	41

## **Table des tableaux**

Tableau 1 – Tableau des scores langagiers des enfants suivis en orthophonie.....	24
Tableau 2 - Tableau synthétique comparatif des populations .....	25
Tableau 3 - Acronymes et icônes des épreuves .....	31
Tableau 4 - Résultats des deux groupes aux différentes épreuves .....	35
Tableau 5 - Application du test de Mann-Whitney aux performances des deux groupes à l'épreuve d'Acuité visuelle .....	37
Tableau 6 – Application du test de Mann-Whitney aux performances des deux groupes aux épreuves neurovisuelles.....	38
Tableau 7 – Application du test de Mann-Whitney aux temps des deux groupes : analyse des résultats significatifs.....	40

# INTRODUCTION

Chez les enfants porteurs d'une plainte visuelle, l'acuité visuelle est souvent évaluée en première intention. Elle concerne la capacité à percevoir le monde environnant de près et de loin, et intervient dans le développement du langage oral et écrit.

Parfois, les troubles visuels ne sont pas dus à un déficit d'acuité mais à des troubles de la motricité oculaire, de l'attention ou de la mémoire visuelles. Ces dysfonctionnements neurovisuels ne sont pas toujours dépistés. Il est admis qu'ils incluent la présence d'une lésion cérébrale, mais une imagerie cérébrale est rarement requise par les professionnels de santé afin de confirmer ce diagnostic.

Des auteurs comme Sylvie Chokron se sont intéressés à ces troubles neurovisuels et leurs conséquences, notamment dans le langage écrit (Chokron, Cavézian, & De Agostini, 2010). Il est donc important d'évaluer ces capacités afin de favoriser les apprentissages des enfants. Nous n'en connaissons toutefois pas les conséquences sur le langage oral. La proximité des réseaux cérébraux neurovisuels et langagiers nous amène à proposer une première réflexion sur cette question au travers de notre étude (Goodale & Milner, 1992; Moritz-Gasser & Duffau, 2013).

Nous comparerons des enfants avec ou sans fragilités langagières afin d'évaluer s'il existe davantage de dysfonctionnements neurovisuels chez les enfants porteurs de troubles langagiers, grâce à des épreuves visuelles expérimentales. Nous étudierons également les corrélations entre le traitement neurovisuel et le traitement phonologique de ces enfants.

Enfin, nous discuterons des résultats obtenus mais aussi des caractéristiques de nos épreuves. Pour cela, nous discuterons non seulement des liens entre vision et langage dans le cadre de dysfonctionnements langagiers, mais également de la méthode utilisée et de la nature des mesures des processus neurovisuels.

# I. CONTEXTE THEORIQUE

Dans cette première partie, nous définirons les fonctions et dysfonctions neurovisuelles et phonologiques évaluées par nos épreuves, leurs réseaux cérébraux respectifs et la proximité existant entre ces derniers. Ces éléments nous permettront de proposer notre problématique et de poser nos hypothèses de recherche.

## **I.1. Fonctions neurovisuelles**

Les fonctions neurovisuelles sont les fonctions liées aux aires corticales visuelles. Elles comprennent l'oculomotricité, l'attention visuelle, la mémoire visuelle, et les gnosies visuelles, qui correspondent à la capacité de percevoir et reconnaître un objet grâce à la vision (Chokron et al., 2010) (Annexe 1 p.58).

Nous définirons ici les fonctions neurovisuelles, à savoir les mouvements oculaires, l'attention et la mémoire visuelles, mais également les muscles et réseaux cérébraux qui les sous-tendent.

### **I.1.1. Motricité oculaire**

La motricité oculaire désigne l'ensemble des mouvements des yeux. On en distingue deux types : les mouvements oculomoteurs, volontaires, et les mouvements optomoteurs, réflexes.

On définit cinq types de mouvements oculaires : les saccades, la poursuite visuelle, les mouvements de vergence, la fixation, et les mouvements vestibulo-oculaires. Tous ces mouvements sont présents très tôt chez le jeune enfant, puisqu'on les retrouve dès 16 semaines de vie fœtale. Vers 2 à 3 mois de vie, le nourrisson possède une motilité normale dans toutes les directions (Jeanrot & Jeanrot, 2011).

### **I.1.2. Muscles oculomoteurs**

La motricité oculaire est sous-tendue par six muscles oculomoteurs, qui permettent à l'œil de s'orienter dans toutes les directions, dans la limite de leurs possibilités (Purves et al., 2004) (Figure 1).

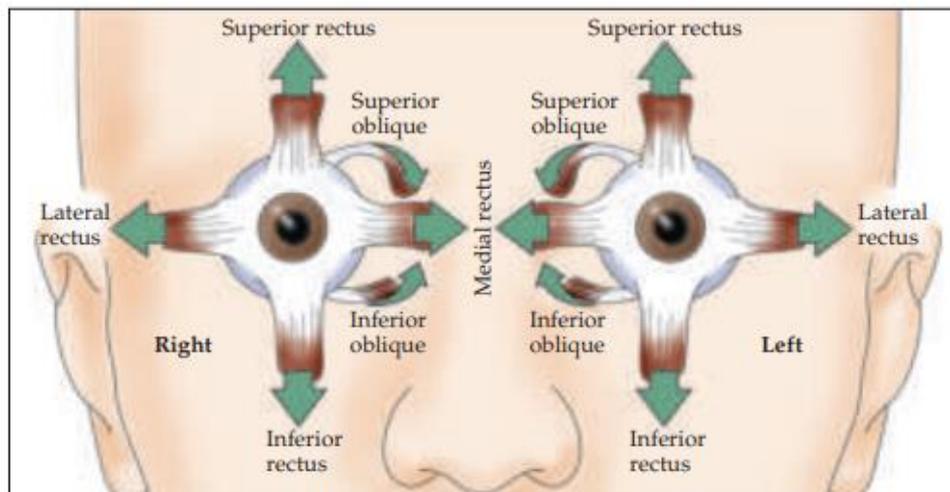


Figure 1 - Contributions des six muscles oculaires (Purves et al., 2004)

Les mouvements oculaires horizontaux sont sous-tendus par les muscles droits internes (« medial rectus ») et externes (« lateral rectus »). Les muscles droits supérieurs (« superior rectus »), droits inférieurs (« inferior rectus »), obliques supérieurs et obliques inférieurs permettent les mouvements verticaux. Chaque muscle fonctionne en antagonisme selon deux lois de motilité (Jeanrot & Jeanrot, 2011) :

- La loi de Sherrington, qui stipule que lorsque le muscle agoniste se contracte, l'antagoniste se relâche.
- La loi de Hering, qui décrit que lors d'une contraction, la même quantité d'influx nerveux est envoyée au muscle de chaque œil

Les globes oculaires et les muscles oculomoteurs sont formés vers 14 à 15 semaines de grossesse.

### **I.1.3. Mouvements oculaires**

#### **I.1.3.1. Saccades**

Les saccades sont des mouvements rapides, volontaires ou réflexes, ne pouvant être interrompus. Elles permettent un changement soudain du point de fixation.

Les deux yeux fonctionnent ensemble et dans le même sens, horizontalement ou verticalement. Durant la saccade, la perception visuelle est interrompue, on ne distingue pas

ce qui se trouve entre les deux points de fixation. C'est ce qu'on appelle l'inhibition saccadique (Jeanrot & Jeanrot, 2011).

L'amplitude des saccades va de faible, comme dans les tâches de lecture où le point de fixation est déplacé de deux à dix caractères par saccade, à plus large, dans l'exploration visuelle dans l'espace, quand on regarde autour de soi (Purves et al., 2004). Leur vitesse peut aller jusqu'à 500° par seconde, mais en moyenne, l'amplitude d'une saccade ne dépasse pas 15°. Au-delà, le mouvement se fait par saccades successives.

On observe un temps de latence d'environ 200ms entre l'apparition d'un stimulus ou le déplacement d'une cible, et le déplacement de l'œil. Ces 200ms correspondent à l'envoi de l'information au cerveau puis de la commande aux muscles oculomoteurs (Leigh & Zee, 2015). Une saccade est précise si elle atteint sa cible.

Les saccades sont les mouvements oculaires acquis le plus précocement, puisqu'elles existent dès la naissance. Elles atteignent une précision comparable à celle de l'adulte entre 4 et 7 mois, et une vitesse adulte vers 4 à 5 ans (Salman et al., 2006). Leur latence est toutefois plus lente jusqu'à la maturation des structures corticales correspondantes, vers 14 à 15 ans (Luna, Velanova, & Geier, 2008).

### **I.1.3.2. Poursuite**

Les mouvements de poursuite visuelle sont des mouvements continus horizontaux, verticaux ou obliques. Leur rôle est de maintenir une cible mouvante sur la fovéa, la région centrale de la rétine où l'acuité visuelle est maximale.

Ils relèvent d'un contrôle volontaire, le sujet pouvant choisir de suivre ou non la cible des yeux. Il est difficile de produire une poursuite visuelle sans cible mouvante, auquel cas les mouvements produits seront saccadiques (Purves et al., 2004).

Ces mouvements de poursuite sont plus lents que les saccades puisque leur vitesse est inférieure à 50° par seconde. Au-delà, le sujet produit des saccades.

Dans les deux premiers mois de vie, la poursuite est saccadique et lente. Elle devient continue vers 3-4 mois, après maturation du cortex pariétal et de la vision binoculaire qui la sous-tendent.

### **I.1.3.3. Vergence**

Les mouvements de vergence sont les seuls mouvements disconjugués : les yeux vont dans des sens opposés. Leur rôle est d'aligner la fovéa de chaque œil avec la cible.

Les mouvements de convergence permettent de fixer des objets proches en passant d'une vision éloignée à rapprochée. A l'inverse, les mouvements de divergence permettent la fixation d'objets plus lointains, et de passer ainsi d'une vision rapprochée à éloignée (Hervault & Clenet, 2013).

Ils résultent de l'accommodation, qui permet d'améliorer la netteté de l'image sur la rétine, par constriction de la pupille (Purves et al., 2004).

Ces mouvements sont très lents, avec une vitesse inférieure à 30° par seconde et une latence de 150 à 200ms (Jeanrot & Jeanrot, 2011). Ils se développent dans les trois premiers mois de vie.

### **I.1.3.4. Fixation**

Les mouvements de fixation correspondent à l'immobilisation du regard, qui permet le maintien stable d'un objet sur la rétine. Ils sont indispensables à la saisie des informations visuelles.

Un réflexe de fixation des objets proches est présent dès la naissance, mais il reste instable jusqu'à 4 à 12 semaines de vie.

Selon Leigh & Zee (2015), l'engagement et le désengagement de la fixation visuelle s'effectuent dans le lobe pariétal.

### **I.1.3.5. Mouvements vestibulo-oculaires**

Les mouvements vestibulo-oculaires permettent de maintenir l'œil immobile par rapport à l'espace environnant. Il s'agit de compenser les mouvements de la tête lors de la fixation, pour empêcher que l'image glisse sur la rétine (Purves et al., 2004). Ce sont des mouvements réflexes, n'engageant pas de mobilisation volontaire des muscles, contrairement aux autres mouvements oculaires (Jeanrot & Jeanrot, 2011). Les yeux bougent à la même vitesse que la tête, mais dans le sens opposé. Plus les mouvements de tête sont lents, moins l'image glissera sur la rétine.

La latence des mouvements vestibulo-oculaires est très brève, environ 10ms. Ils apparaissent chez l'enfant vers 2 mois.

### **I.1.4. Attention et mémoire visuelles**

L'attention visuelle et la mémoire visuelle sont également des fonctions neurovisuelles.

L'attention visuelle correspond à la capacité à concentrer son regard sur un ou plusieurs stimuli visuels en négligeant les distracteurs (Carrasco, 2011). Elle est sous-tendue par le cortex pariétal postérieur et le lobe occipital, des aires V1 à V5. On distingue plusieurs types d'attention :

- L'attention soutenue, qui consiste à rester concentrer sur une tâche.
- L'attention sélective, qui concerne la sélection d'un type de stimuli en occultant les distracteurs.
- L'attention partagée, qui consiste à traiter plusieurs stimuli simultanément

La mémoire à court terme visuelle correspond à la capacité à retenir, chez l'adulte, trois à quatre éléments visuels non-signifiants pendant quelques secondes après que leur affichage ait disparu. Certaines de ces informations sont maintenues activement en mémoire de travail visuelle afin de pouvoir leur appliquer un traitement cognitif. Le cortex pariétal postérieur tient là encore un rôle essentiel dans cette fonction cognitive (Todd & Marois, 2004).

### **I.1.5. Réseau cérébral visuel : voies et dysfonctions**

#### **I.1.5.1. Voie ventrale et voie dorsale**

L'image visuelle est transmise de la rétine au cortex occipital. En 1992, Goodale & Milner ont distingué deux voies de traitement de l'information visuelle au niveau cérébral : la voie ventrale et la voie dorsale (Figure 2).

La voie ventrale, aussi appelée voie du « quoi » (Imbert, 2002) ou système parvocellulaire, permet la reconnaissance de l'objet par analyse de ses caractéristiques visuelles, notamment la forme, la couleur et la texture. Elle répond aux basses fréquences temporelles, c'est-à-dire qu'elle ne traite les mouvements des objets que s'ils sont lents, et aux hautes fréquences spatiales, précisant ainsi les contrastes et frontières des objets

(Devinck, 2003). Il s'agit d'un traitement à long terme, puisqu'il sollicite la mémoire à long terme. Cette voie relie le cortex visuel primaire au cortex inféro-temporal.

La voie dorsale, voie du « où » ou système magnocellulaire, est impliquée dans la localisation spatiale de l'objet et détermine la posture manuelle et digitale à adopter dans les mouvements de préhension (ouverture et orientation). Elle répond aux hautes fréquences temporelles (déplacements des objets même s'ils sont rapides) et aux basses fréquences spatiales (représentation globale mais imprécise de l'objet). Cette voie participe donc au traitement visuo-spatial et oculomoteur, qui est ici immédiat puisque dépendant de la situation. Elle relie le cortex visuel primaire au cortex pariétal postérieur.

Ces deux voies fonctionnent ensemble : pour traiter correctement une information visuelle, nous avons besoin de déplacer nos yeux, d'identifier l'objet tant dans sa forme que dans sa couleur ou son orientation spatiale, puis de guider nos mouvements selon ces caractéristiques.

Selon Goodale et Milner (1992), le cortex pariétal postérieur, impliqué dans la voie dorsale, est fortement lié aux régions motrices du cortex frontal, directement impliqué dans le contrôle oculaire. De plus, Andersen (1987, cité par Goodale & Milner, 1992) a montré que le cortex pariétal postérieur est impliqué dans la fixation visuelle, la poursuite oculaire, les saccades, l'attention visuelle et la coordination œil-main.

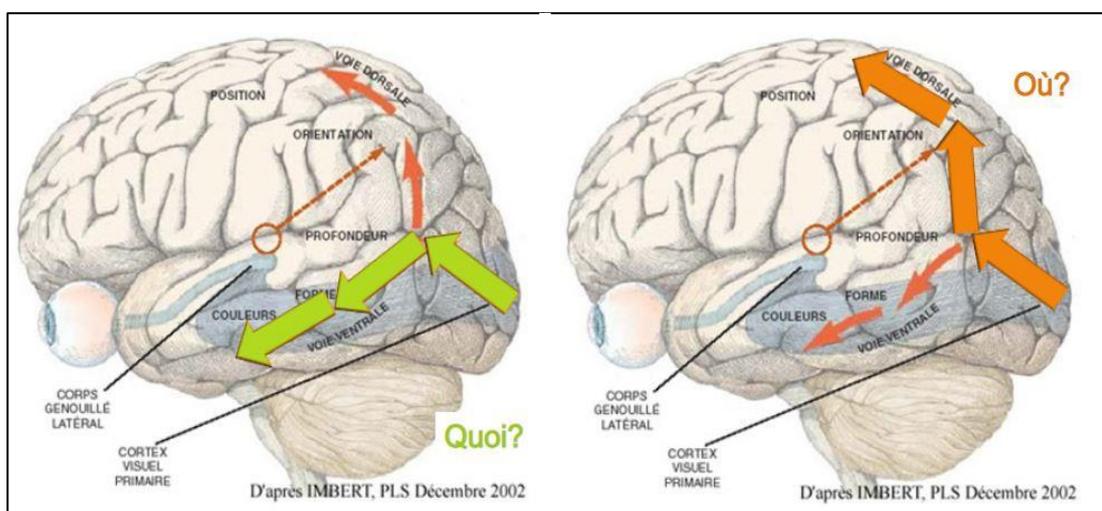


Figure 2 - Voie ventrale et voie dorsale (Imbert, 2002)

### **I.1.5.2. Atteintes de la voie dorsale**

On regroupera sous le terme de « troubles neurovisuels » toute atteinte des voies visuelles survenue entre le chiasma optique et les aires cérébrales visuelles (Chokron et al., 2010).

Les liens entre troubles neurovisuels et troubles oculomoteurs sont encore discutés. Chokron (2010) rapporte toutefois que des troubles de la fixation et de la poursuite sont fréquemment retrouvés chez des enfants présentant des atteintes neurovisuelles. Le syndrome de Balint, dû à une atteinte souvent bilatérale du cortex pariétal postérieur ou de la jonction occipito-pariétale (Pisella et al., 2009), est un exemple de liens entre ces deux types de troubles. Ce syndrome, apparaissant à tout âge, regroupe trois symptômes qui peuvent également survenir isolément lors de lésions moins étendues :

- Une apraxie optique, qui est une paralysie psychique du regard induite par des difficultés d'initiation des saccades.
- Des troubles d'attention visuelle et notamment une simultagnosie, soit une impossibilité à identifier simultanément plusieurs objets.
- Une ataxie optique, une incapacité à guider le geste par la vision due à une mauvaise coordination entre vision et mouvements.

A l'écrit, l'atteinte du système visuel magnocellulaire est une des hypothèses principales dans l'explication de la dyslexie développementale (Stein & Walsh, 1997, cités par l'Institut National de la Santé et la Recherche Médicale, 2007). Selon cette étude, les cellules du système magnocellulaire des sujets présentant une dyslexie développementale seraient plus petites que chez les sujets sains. Cette particularité engendrerait de moins bonnes performances dans la perception du mouvement et le contrôle oculomoteur. En pratique, leurs plus faibles capacités d'attention visuelle, de balayage et de fixation impacteraient leurs performances en lecture, induisant une lenteur et des difficultés de regroupement ou de reconnaissance des lettres (Chokron et al., 2010).

## **I.2. Phonologie**

Nous développerons ici l'acquisition de la phonologie chez les jeunes enfants et les réseaux cérébraux mis en jeu, puis définirons le trouble phonologique et ses hypothèses étiologiques.

### **I.2.1. Développement de la phonologie**

La phonologie est la science qui étudie l'organisation des phonèmes, c'est-à-dire des sons de la chaîne parlée, dans la parole (Brin-Henry, Courier, Lederlé, & Masy, 2011).

#### **I.2.1.1. Réception**

Dès la naissance, l'enfant possède des compétences innées de discrimination des variations phonologiques, notamment le voisement (vibration des cordes vocales) et le lieu d'articulation (Eimas, Siqueland, Jusczyk & Vigorito, 1971; cités par Kail & Fayol, 2000). Extraire les invariants lui permet de se construire les représentations phonologiques des mots de sa langue pour pouvoir ensuite les prononcer correctement. Ceci s'avère toutefois une tâche complexe puisque les mots n'ont pas de frontière marquée dans le flux de parole et que l'enfant doit s'adapter à des voix différentes, à des vitesses et intonations variables, et à la coarticulation du contexte phonémique (Kail & Fayol, 2000).

#### **I.2.1.2. Production**

Alors que le système auditif devient opérant dans les deux derniers mois de grossesse, la production orale contrôlée n'est possible que vers 6 mois de vie. Avant cet âge, l'anatomie du nourrisson ne permet pas la maîtrise de la coordination pneumo-phonique : la langue est plus volumineuse, le larynx est plus haut, l'épiglotte est plus flaccide, le palais osseux est peu concave. Ses premières tentatives vocales se limitent alors à des pleurs et des sons végétatifs indiquant le confort ou l'inconfort, puis à des vocalisations de plus en plus maîtrisées (De Boysson-Bardies, 1998).

Vers 6 mois apparaît le babillage canonique : l'enfant maîtrise sa phonation et produit ses premières syllabes parlées par productions répétitives d'alternances consonnes-voyelles. Il y associera un sens vers 12 mois. L'enfant acquiert d'abord les voyelles, puis les occlusives (blocage complet du passage de l'air puis relâchement, donnant un son d'une durée brève) et

enfin les fricatives (blocage partiel du passage de l'air, provoquant un son d'une durée plus longue). Vers 7 ans, tous les phonèmes sont correctement prononcés isolément (Brin-Henry et al., 2011). A partir de 4 ans, on observe que la majorité des processus phonologiques simplificateurs a disparu ; la phonologie de l'enfant en contexte est proche de celle de l'adulte entre 6 et 9 ans (Schelstraete, Noël, Maillart, & Jamart, 2004).

## I.2.2. Réseau cérébral phonologique

Le réseau cérébral langagier est complexe. Il est toutefois admis que le traitement phonologique implique différentes aires de l'hémisphère gauche en interconnexions (Geschwind, 1979, cité par Jacquier, 2008).

Hickok et Poeppel (2004, cités par Moritz-Gasser & Duffau, 2013) ont défini deux voies de traitement du langage, sur le modèle des deux voies de traitement du signal visuel défini par Goodale et Milner, et illustré par Van der Lely et Pinker (2014) (Figure 3).

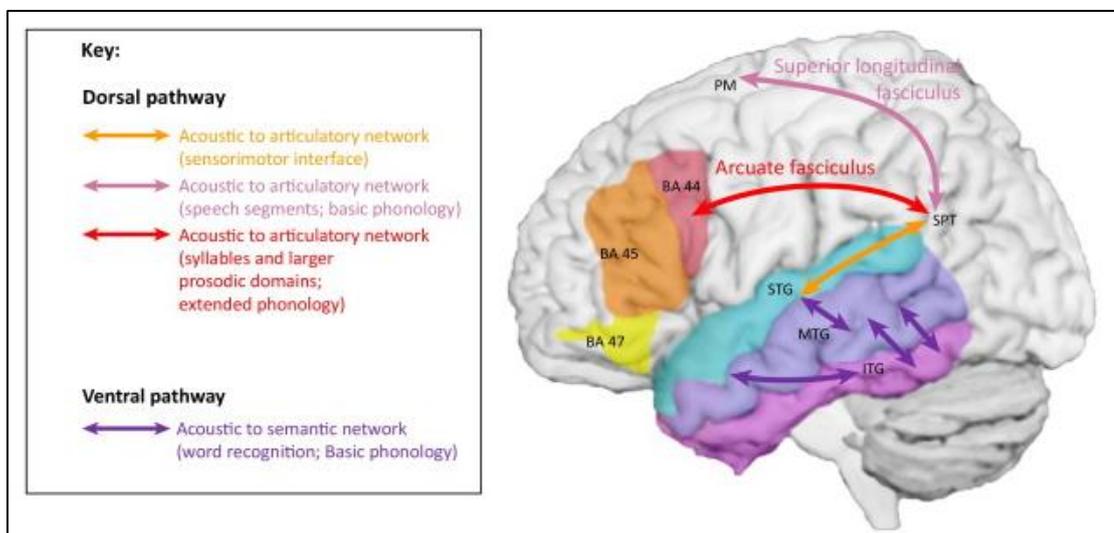


Figure 3 - Réseau cérébral langagier (Van der Lely & Pinker, 2014)

Ainsi, la voie ventrale du langage, au sein du lobe temporal, permet un traitement sémantique de l'information sonore, afin de comprendre le message perçu.

La voie dorsale du langage lie quant à elle l'information sonore perçue aux représentations articulatoires pour permettre son traitement phonologique. Elle est soutenue par le faisceau longitudinal supérieur gauche, composé de trois parties :

- La partie médiane directe est représentée par le faisceau arqué. Celui-ci relie l'aire de Wernicke dédiée au traitement des mots entendus (dans le lobe temporal postérieur gauche) à l'aire de Broca impliquée dans la mémoire de travail verbale (dans le gyrus frontal inférieur). Ce réseau joue un rôle important dans le décodage et l'encodage phonologique.
- La partie antérieure du faisceau longitudinal supérieur relie le cortex pariétal inférieur au cortex prémoteur, situé dans la partie postérieure du lobe frontal et ayant un rôle dans la planification des mouvements.
- La partie postérieure de ce faisceau relie le cortex pariétal inférieur à l'aire auditive primaire, aussi appelée gyrus de Heschl et située dans le gyrus temporal supérieur postérieur.

Les trois segments de ce même faisceau se rejoignent dans le lobule pariétal inférieur, aussi appelé « territoire de Geschwind », une aire située dans le cortex pariétal postérieur. Au sein de cette région cérébrale se trouvent trois aires majeures dans le traitement phonologique :

- Le gyrus supramarginal, qui permet le traitement phonologique et articulatoire des mots.
- Le gyrus angulaire, une aire associative multimodale recevant des informations des autres aires cérébrales et permettant la convergence des informations auditives, visuelles, tactiles et sémantiques (Jacquier, 2008).
- L'aire « SPT » (Sylvian Parietal Temporal), qui joue un rôle dans la transformation du message planifié en informations sensori-motrices dans un but de production de la parole.

Le gyrus angulaire et le gyrus supramarginal correspondent respectivement aux aires 39 et 40 de Brodmann (Gray, 1918). L'aire SPT se situe entre les deux (Figure 4).

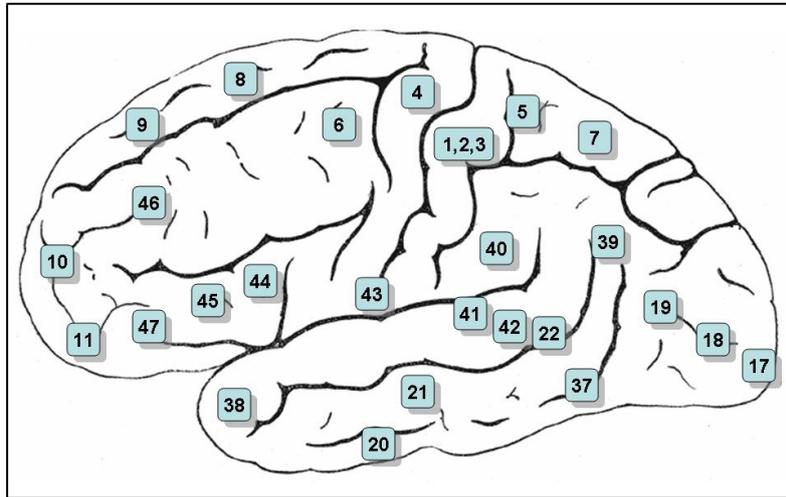


Figure 4 - Schéma des aires de Brodmann (Gray, 1918)

## I.2.3. Troubles phonologiques

### I.2.3.1. Définition selon le DSM-IV

Le DSM-IV est l'ouvrage de référence dans la description et la classification des troubles mentaux (American Psychiatric Association, 2003).

Il décrit le trouble phonologique selon trois critères diagnostiques :

- Une incapacité à produire, utiliser et se représenter les phonèmes normalement acquis à chaque stade du développement du sujet.
- Une interférence de ces difficultés avec la vie quotidienne : scolaire, professionnelle, sociale.
- Dans le cadre d'un retard mental, d'un déficit moteur, sensoriel, ou d'une carence environnementale, les troubles langagiers dépassent ces difficultés.

La sévérité des troubles est variable : l'intelligibilité peut être relativement préservée comme très altérée. On considère que les omissions de phonèmes (phonème non prononcé et non remplacé) sont les altérations les plus graves, suivies des substitutions (phonème remplacé par un autre) puis des distorsions (phonème mal prononcé). Le sujet présentant un trouble phonologique peut également produire des erreurs d'organisation (inversions) des phonèmes dans les mots.

### **I.2.3.2 Définition selon le DSM-V**

Le DSM-V est l'édition suivant le DSM-IV. Récente, elle n'est pas encore adoptée par tous. L'évolution majeure dans sa description du trouble phonologique mérite toutefois que l'on s'y intéresse (American Psychiatric Association, 2015).

Dans cet ouvrage, les troubles phonologiques et les troubles articulatoires sont regroupés sous un même terme : « Speech Sound Disorders » (littéralement « Troubles phonético-phonologiques », traduit dans la version française par « Troubles de la phonation »). Les critères diagnostiques sont :

- La présence de difficultés persistantes dans la production phonémique, entraînant des difficultés d'intelligibilité ou de communication orale.
- Ces difficultés interfèrent avec la participation sociale et/ou les performances scolaires ou professionnelles.
- Une apparition précoce des symptômes.
- L'absence de pathologies congénitales ou acquises pouvant expliquer ces difficultés (infirmité motrice cérébrale, fente palatine, surdité, lésion cérébrale...).

Le diagnostic de trouble de la phonation peut donc être posé en présence d'altérations phonémiques en production, sans tenir compte des représentations et perceptions phonologiques. Cette union repose sur l'utilisation par les enfants de processus de simplification phonologique à la fois dans les troubles d'articulation et dans les troubles phonologiques, à un stade de développement où cela ne devrait plus être le cas, c'est-à-dire après 4 ou 5 ans.

### **I.2.3.3. Hypothèses étiologiques des troubles phonologiques**

Certains troubles phonologiques peuvent être expliqués par la présence de troubles moteurs (dysarthrie...), organiques (fente palatine...) ou sensoriels (surdité...). Toutefois, la plupart des troubles phonologiques sont idiopathiques. Quelques facteurs de risque ont été mis en évidence : le sexe masculin, les difficultés pré et périnatales, les habitudes de succion, les affections oto-rhino-laryngologiques, les antécédents familiaux de troubles de la parole et du langage, ou encore un faible niveau socio-culturel (Campbell et al., 2003; Fox, Dodd & Howard, 2002; Harrison & McLeod, 2010; cités par l'American Speech-Language-Hearing Association, s. d.).

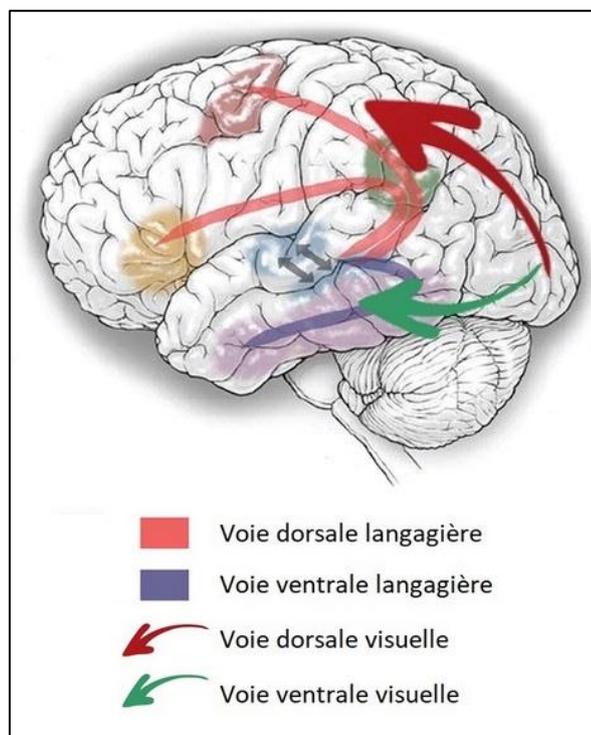
Grâce à la chirurgie éveillée, Moritz-Gasser et Duffau (2013) ont mis en évidence la présence de troubles phonologiques en production lors de stimulations électriques transcrâniennes du faisceau arqué et du gyrus supramarginal.

### **I.3. Proximité des réseaux neurovisuels et phonologiques**

Nous avons donc précédemment vu que les fonctions neurovisuelles sont sous-tendues par la voie visuelle dorsale, et notamment le cortex pariétal postérieur. Cette région cérébrale serait impliquée dans la fixation, la poursuite, les saccades, l'attention et la mémoire visuelles. De plus, le syndrome de Balint, dont les symptômes correspondent à des troubles des saccades, de l'attention visuelle et de la coordination entre vision et mouvements, est retrouvé lors de lésions du cortex pariétal postérieur.

Nous avons également mis en évidence que la voie dorsale phonologique est sous-tendue par le faisceau longitudinal supérieur gauche. Ce réseau est composé de trois segments se rejoignant dans le lobule pariétal inférieur au sein du cortex pariétal postérieur. Ce lobule contient trois aires principales : le gyrus supramarginal impliqué dans le traitement phonologique des mots ; le gyrus angulaire où convergent les informations multimodales venant des autres aires dont les informations visuelles ; l'aire SPT où le message est transformé en informations sensori-motrices. La stimulation électrique du gyrus supramarginal et du faisceau arqué engendrerait des troubles phonologiques en production.

La proximité cérébrale entre la voie dorsale visuelle et la voie dorsale phonologique est synthétisée sur le schéma modifié de Chang et al. (2015) ci-dessous (Figure 5).



*Figure 5 - Schéma synthétique des réseaux neurovisuels et langagiers (d'après Chang, Raygor, & Berger, 2015)*

Il semble donc que le cortex pariétal postérieur soit une région traitant à la fois les informations neurovisuelles et phonologiques.

#### **I.4. Problématique : objectifs et hypothèses**

Les chercheurs se sont beaucoup intéressés aux liens entre les troubles neurovisuels et le langage écrit (Chokron et al., 2010), ou entre l'acuité visuelle et le langage oral (Lewi-Dumont, 2011). Toutefois, les études s'intéressent peu aux corrélations entre les troubles neurovisuels et le langage oral.

Dans le domaine du langage écrit, les études de Borsting et al. (1996, cités par l'Institut National de la Santé et la Recherche Médicale, 2007) et Spinelli et al. (1997, cités par l'Institut National de la Santé et la Recherche Médicale, 2007) montrent que les difficultés magnocellulaires chez les enfants dyslexiques ne sont retrouvées qu'en présence d'un trouble phonologique associé. Stein (2003) émet donc l'hypothèse d'un trouble magnocellulaire touchant à la fois la composante visuelle et la composante phonologique. Les difficultés en

lecture résulteraient alors d'une atteinte unique impactant le bon traitement des informations visuelles et phonologiques.

L'étude de Marton (2008) nous amène à penser que ces liens existent également entre la voie dorsale et les compétences phonologiques à l'oral. L'auteur a proposé des épreuves visuelles à des enfants de 5 ans 3 mois à 6 ans 10 mois présentant un trouble spécifique du langage oral en production et en réception, et à des enfants tout-venant appariés en âge. Les enfants porteurs de troubles du langage présentaient des résultats significativement inférieurs aux enfants tout-venant dans ces tâches mobilisant leurs représentations spatiales et leur mémoire visuelle.

Enfin, Ebert et Kohnert (2011) ont mis en évidence que les enfants présentant un trouble spécifique du langage oral montraient une plus faible attention visuelle soutenue que les enfants tout-venant.

Ces observations nous permettent de nous interroger sur l'existence de corrélations entre le traitement neurovisuel et le traitement phonologique. Il convient de rappeler que les réseaux cérébraux sous-tendant ces deux fonctions sont proches, et activent tous deux le cortex pariétal postérieur. Nous partons donc d'un postulat localisationniste selon lequel une hypoactivation du cortex pariétal postérieur engendrerait des fragilités dans ces deux domaines. Ce postulat nous permet de poser nos hypothèses de travail :

- **Hypothèse générale** : Compte-tenu du recoupement des réseaux, nous attendons des liens fonctionnels entre le traitement phonologique et le traitement neurovisuel.
- **Hypothèses opérationnelles** :
  - 1) De ce fait, les enfants avec un trouble phonologique présenteront de plus faibles performances aux épreuves visuelles que les enfants tout-venant.
  - 2) Plus un enfant présente un trouble phonologique important, plus il aura de difficultés neurovisuelles. Les scores phonologiques et neurovisuels donneront donc une corrélation significative.

## II. METHODE

Dans cette partie, nous présenterons la population étudiée, les épreuves langagières et visuelles utilisées, la procédure de recueil et les analyses qui seront menées.

### II.1. Population

Nous avons séparé les enfants en deux groupes : des enfants présentant un trouble phonologique et suivis en orthophonie (GPho), et des enfants témoins scolarisés en moyenne section de maternelle (GTem).

Les enfants présentant une fragilité langagière qui ont été inclus dans notre étude sont âgés de 3 ans 10 mois à 4 ans 8 mois, avec un âge moyen de 4 ans 3 mois. Comme nous l'avons vu, la majorité des processus phonologiques simplificateurs ont normalement disparu à cet âge, et le diagnostic de trouble phonologique peut alors être posé. D'autre part, ces enfants n'ont pas encore accès au langage écrit, qui ne peut donc pas soutenir les représentations phonologiques.

Tous ces enfants présentent un trouble phonologique mis en évidence par une batterie normée d'évaluation du langage oral, ici CLÉA (Pasquet, Parbeau-Guéno, & Bourg, 2014), moins de quatre mois avant la passation des épreuves visuelles. Ce critère d'inclusion repose sur l'hypothèse selon laquelle un déficit magnocellulaire toucherait à la fois la vision et la phonologie (Stein, 2003).

Nous nous basons ici sur la définition du trouble phonologique selon le DSM IV, c'est-à-dire une altération des représentations et de la production des phonèmes. Le DSM V propose une définition basée sur la présence de difficultés dans la production phonémique uniquement, après l'âge de 4 ou 5 ans.

Le tableau 1 présente les moyennes et écarts-types des notes standard des enfants suivis en orthophonie. Ces données nous montrent que la phonologie est bien le domaine le plus déficitaire chez ces enfants.

	<i>Phonologie</i>	<i>Lexique</i>	<i>Morphosyntaxe</i>
<i>Moyenne</i>	71	94,5	91,72
<i>Ecart-type</i>	11,01	16,34	12,49

Tableau 1 – Tableau des scores langagiers des enfants suivis en orthophonie

Des critères d'exclusion ont également été appliqués. Les enfants ne devaient pas présenter de trouble d'acuité visuelle important et non corrigé, de déficience intellectuelle ou de trouble du spectre autistique impactant les capacités langagières. Enfin, ils ne devaient pas suivre ou avoir suivi de rééducation orthoptique.

Au total, 18 enfants pris en charge par 9 orthophonistes exerçant en cabinet libéral ont été inclus dans l'étude. On compte 7 filles (39 %) et 11 garçons (61 %), ce qui est cohérent avec le fait que les troubles langagiers touchent davantage les garçons que les filles.

Le groupe témoin est composé de 22 enfants non suivis en orthophonie. L'une d'eux a été retirée de l'étude puisqu'elle présente une déficience visuelle. Les résultats de 21 enfants ont donc été pris en compte. Ces enfants ont été sélectionnés aléatoirement dans des classes de moyenne section de maternelle. Le groupe ne présente donc statistiquement pas de trouble du langage. L'âge de ces enfants est compris entre 3 ans 11 mois et 4 ans 9 mois, avec un âge moyen de 4 ans 5 mois. On compte 12 filles (57%) et 9 garçons (43%). Les caractéristiques de ces populations sont résumées dans le tableau 2.

	<i><b>GPho</b></i>	<i><b>GTem</b></i>
<i><b>Nombre d'enfants</b></i>	18	21
<i><b>Age moyen</b></i>	4 ans 3 mois	4 ans 5 mois
<i><b>Age minimal et maximal</b></i>	3 ans 10 mois à 4 ans 8 mois	3 ans 11 mois à 4 ans 9 mois
<i><b>Répartition des sexes</b></i>	7 filles (39%) 11 garçons (61%)	12 filles (57%) 9 garçons (43%)
<i><b>Suivis en orthophonie</b></i>	Oui : trouble phonologique	Non

Tableau 2 - Tableau synthétique comparatif des populations

## **II.2. Matériel**

### **II.2.1. Epreuves langagières**

L'évaluation des capacités langagières a été réalisée avec la batterie d'évaluation du langage oral et écrit CLÉA : Communiquer, Lire et Écrire pour Apprendre (Pasquet et al., 2014). Cette batterie informatisée et étalonnée s'adresse aux patients de 2 ans 6 mois à 14 ans 11 mois. Elle comprend quatre niveaux de complexité croissante : les bases 1 et 2 évaluant le langage oral, les extensions 1 et 2 évaluant le langage écrit. Selon l'âge du patient, un ou plusieurs niveaux sont administrés, en respectant cet ordre de complexité.

L'évaluation du langage oral est décomposée en quatre composantes : le lexique, la morphosyntaxe, la phonologie et les ressources (évaluant les capacités pragmatiques et inférentielles). Elle se déroule sous trois modalités : la compréhension, la production et le jugement.

L'épreuve de compréhension orale consiste à sélectionner, parmi quatre images, celle qui correspond au mot ou à la phrase entendue. Le score de phonologie est calculé selon le nombre de distracteurs phonologiques sélectionnés, c'est-à-dire les mots ne différant de l'item cible que par un phonème.

Dans l'épreuve de production orale, l'enfant doit dénommer des objets ou des actions, et compléter des phrases amorcées. Le score phonologique est mis en évidence par une épreuve de répétition de mots.

Enfin, l'épreuve de jugement oral consiste à accepter ou réfuter l'adéquation entre l'image que l'enfant voit et ce qu'il entend, mais également à juger si la phrase ou le mot entendu est « bien dit » ou « mal dit », afin de calculer le score de phonologie de cette épreuve.

### **II.2.2. Epreuves visuelles**

#### **II.2.2.1. Principes**

Les épreuves visuelles ont été créées par le groupe de REcherche Clinique en Orthophonie (RECO). Dans le cadre de l'unité d'enseignement 6.9 « Stage de sensibilisation à la recherche » en Master 1, nous avons proposé ces épreuves à 9 sujets tout-venant âgés de 4 ans 8 mois à 24 ans 6 mois, et à 8 sujets suivis en orthophonie âgés de 7 ans à 14 ans 10

mois. Suite à ce travail, nous avons modifié certains items, retiré ceux qui manquaient de sensibilité, et nous les avons classés par complexité.

C'est cette version révisée que nous proposons dans ce mémoire, sous un format logiciel qui a permis l'enregistrement automatique des temps et des résultats. Cela a également simplifié et standardisé la passation.

### II.2.2.2. Description

L'évaluation débute par une épreuve unique d'acuité visuelle (Figure 6). Cette première épreuve est indépendante des autres puisque l'acuité visuelle ne dépend pas de la voie dorsale, contrairement aux autres fonctions neurovisuelles. Elle est donc une variable contrôle. Cette épreuve a pour but de s'assurer que l'enfant dispose de l'acuité nécessaire à la passation des épreuves suivantes.

Elle se compose de 66 dessins répartis sur 6 lignes, chaque ligne regroupant des dessins plus petits que la précédente. Parmi ces 66 figures, l'enfant doit montrer les 19 ballons identiques à celui présenté. Il ne doit cependant pas s'approcher de l'écran, pour conserver une mesure objective et cohérente avec la distance qu'il gardera pour la suite des épreuves. La consigne donnée est « Ici tu as un ballon, montre-moi tous les ballons dans chaque ligne ».

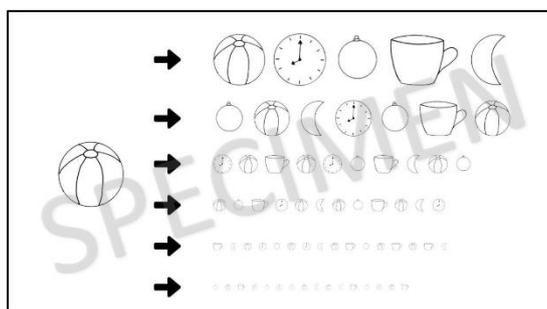


Figure 6 - Epreuve d'Acuité visuelle

Les épreuves neurovisuelles sont de cinq types : les Chemins, le Barrage, les Carroms, l'identification du Modèle identique et le jugement des Pareils. L'enfant dispose d'abord de 5 items d'essais, soit un par type d'épreuve, pour lesquels une correction est donnée. L'examineur peut alors apporter des explications à l'enfant pour s'assurer de sa compréhension de la consigne.

Ces épreuves sont ensuite réparties en six groupes. Chaque groupe, de complexité croissante, comprend un item de chaque type. Un groupe contient donc cinq items (Annexe 2 p.59). Leur complexité a été mise en évidence par les résultats du stage recherche de Master 1. Au sein des groupes, les cinq items sont mélangés aléatoirement et chronométrés. La même répartition des items a été présentée à tous les enfants.

Chaque item réalisé entraîne l'attribution d'un score de 0 ou 1, soit un score de 0 à 6 par type d'épreuve, et un score total de 0 à 30. L'enfant obtient un point pour une réussite complète de l'item, et n'en obtient pas s'il donne une réponse erronée ou incomplète. Le critère d'arrêt du test est un groupe de cinq items échoué entièrement. On admet que s'il ne réussit pas ces items, il ne parviendra pas à réaliser les suivants qui sont plus complexes.

Dans l'épreuve des Chemins (Figure 7), l'enfant doit suivre le chemin désigné par la flèche et montrer à l'orthophoniste la forme qui se trouve au bout. Chaque chemin est relié à une cible, les items proposant de 3 à 5 chemins selon leur complexité. Les chemins sont horizontaux ou verticaux, et formés de traits plus ou moins épais. Le stage recherche de Master 1 avait montré que ces critères n'influaient pas significativement sur les performances des enfants tout-venant comme ceux suivis en orthophonie. La consigne donnée est « Tu pars de la flèche, tu suis le chemin et tu me montres quelle forme tu trouves au bout du chemin ».

Cette épreuve mobilise les saccades visuelles (et non la poursuite visuelle puisque la cible n'est pas mobile) et l'attention visuelle. Pour les évaluer objectivement, l'enfant ne doit pas s'aider en suivant les chemins avec son doigt. Elle met également en jeu les capacités d'inhibition des autres chemins lors des croisements.

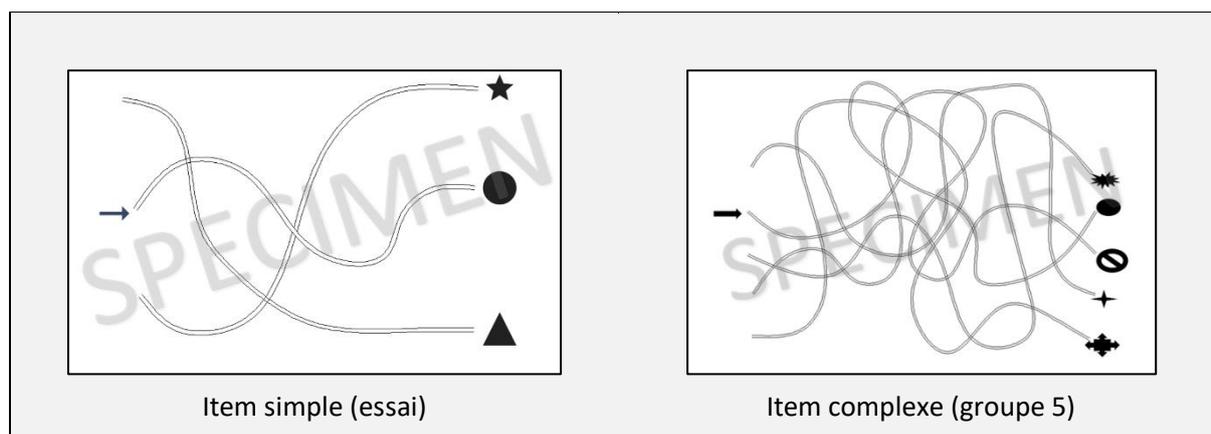


Figure 7 - Epreuve des Chemins

L'épreuve de Barrage (Figure 8) présente une forme en haut de l'écran. L'enfant doit retrouver tous les dessins identiques parmi ceux proposés en dessous. L'item d'essai propose de retrouver ce dessin parmi 8 cibles. Les items suivants comprennent 23 à 180 cibles. La consigne donnée est « En haut, tu as un dessin. Tu dois trouver en dessous tous les dessins qui sont les mêmes ». L'item est considéré comme réussi quand toutes les formes sont retrouvées.

Cette épreuve évalue à la fois les saccades, la fixation, la convergence, l'attention visuelle, et mobilise la voie parvocellulaire (voie du « quoi ») puisqu'elle sollicite les gnosies visuelles par la reconnaissance de formes.

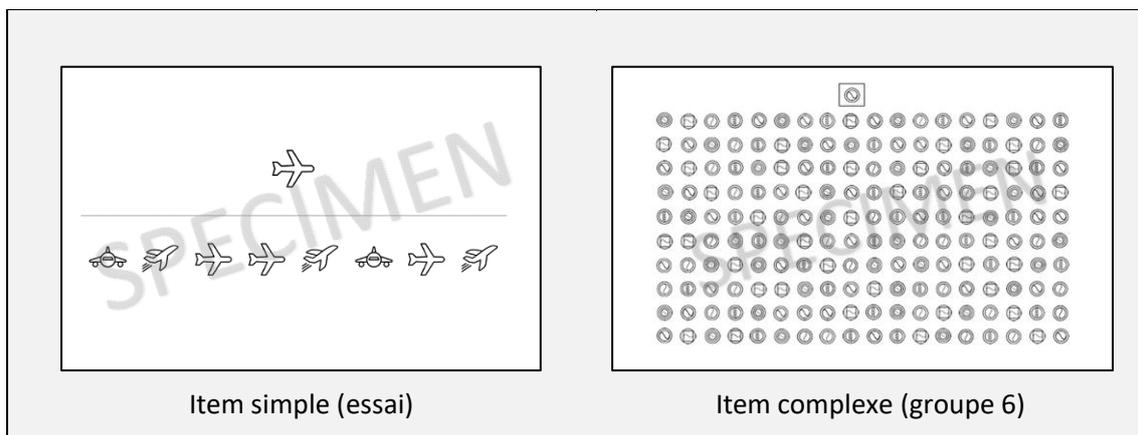


Figure 8 - Epreuve de Barrage

L'épreuve des Carroms (Figure 9) présente une balle entourée de 4 puis 8 flèches, et du nombre de trous correspondant. Une seule de ces flèches montre un trou, les autres n'étant pas parfaitement alignées. L'enfant doit cliquer sur le seul trou qui est montré par une flèche. Il mobilise ainsi son attention visuelle et ses saccades. La consigne est « Ici, tu as plusieurs flèches. Tu dois me montrer le seul trou qui est montré par une flèche ». Là encore, il ne doit pas suivre le trajet des flèches avec son doigt.

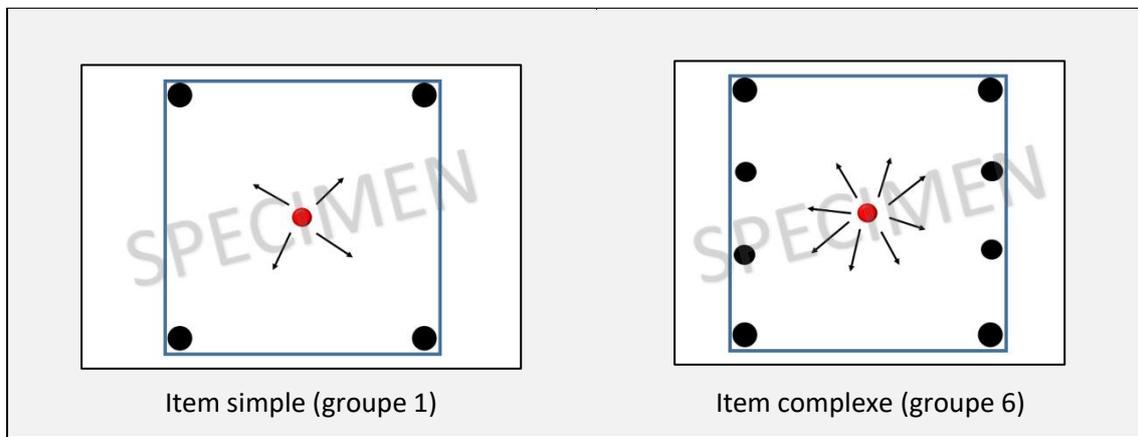


Figure 9 - Epreuve des Carroms

Dans l'épreuve d'Identification de Modèles (Figure 10), une forme est présentée en haut de l'écran, et de 2 à 12 formes sont présentées en dessous. L'enfant doit désigner la seule forme identique au modèle. La consigne est donc « En haut, tu as un dessin. En bas, tu dois me montrer le seul dessin qui est le même ». Cette épreuve engage l'attention visuelle principalement, mais aussi la fixation, la convergence et les gnosies visuelles.

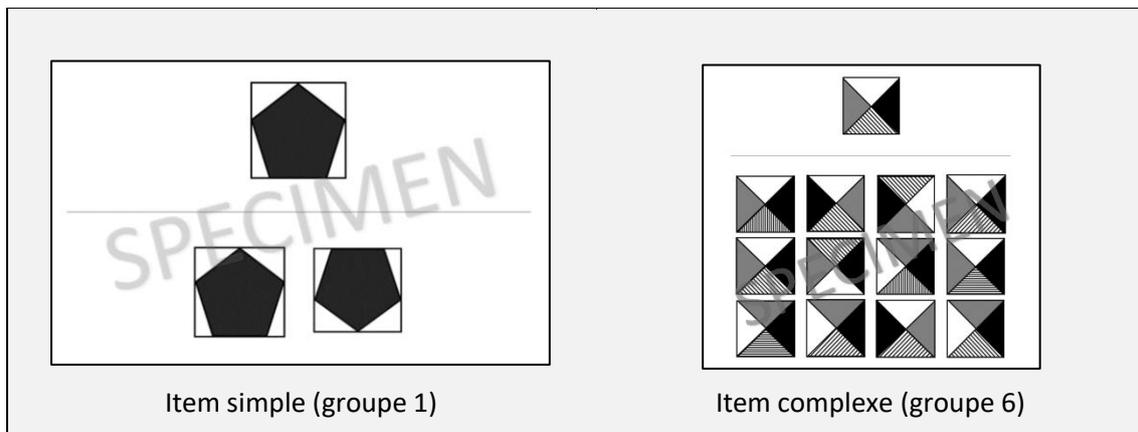


Figure 10 - Epreuve d'Identification de Modèles

La dernière épreuve, le jugement des Pareils (Figure 11), évalue la mémoire visuelle à court terme, avec la participation de l'attention visuelle, la fixation, la convergence et les gnosies visuelles. Lors de l'item d'essai, une forme apparaît et disparaît à gauche de l'écran, puis une deuxième forme apparaît et disparaît à droite. L'enfant doit dire s'il a l'impression que les formes sont identiques ou non. Lors des items suivants, 2 à 5 items sont présentés de chaque côté de l'écran.

Les symboles de cette épreuve ne sont pas significatifs, c'est-à-dire qu'ils ne renvoient pas à des formes connues par le sujet (objets, lettres...). De ce fait, aucun traitement sémantique de l'information n'est possible et l'enfant n'utilise que ses compétences visuelles. De plus, le faible temps d'apparition des symboles ne permet pas la mise en place des moyens mnémotechniques pour faciliter leur rétention, et permet une sollicitation plus importante de la mémoire visuelle à court terme.

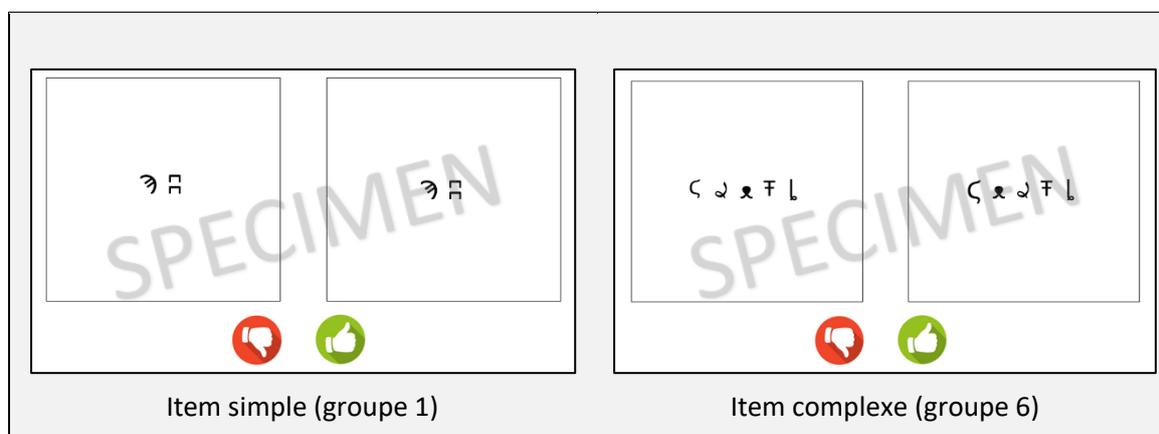


Figure 11 - Epreuve de Jugement des Pareils

Les noms et icônes des épreuves sont résumés dans le tableau 3.

Nom complet de la variable	Acuité visuelle	Chemins	Identification de Modèles	Barrages	Carroms	Jugement des Pareils
Acronyme utilisé	Acuité	Chemins	Modèles	Barrages	Carroms	Pareils
Icône						

Tableau 3 - Acronymes et icônes des épreuves

### II.3. Procédure de recueil

Les enfants inclus dans l'étude présentent tous un trouble phonologique. Ce diagnostic a été posé grâce à la batterie CLÉA au niveau base 1, la base 2 ne débutant qu'à partir de 5

ans. La batterie évalue chaque composante sous trois modalités : la compréhension, la production et le jugement. Un trouble phonologique correspond à une note de production phonologique mais aussi une note de compréhension et/ou de jugement phonologique déficitaires. Il faut donc au minimum deux notes phonologiques chutées, dont la production.

La passation du test auprès du groupe témoin a été réalisée entre novembre et décembre 2018 dans deux classes de moyenne section de maternelle de l'école Charles Perrault au Grand-Quevilly (76), par deux étudiantes de Master 1.

Le recueil a été réalisé entre novembre 2018 et mars 2019 auprès de 11 orthophonistes formées à la batterie CLÉA dans le cadre d'un exercice libéral, moins de 4 mois après avoir réalisé une évaluation du langage de l'enfant à l'aide de cette batterie. Dans le cas où une autre batterie d'évaluation du langage avait été utilisée par l'orthophoniste lors de son bilan, une passation de CLÉA a été réalisée afin de standardiser les résultats.

La passation des épreuves visuelles est individuelle et les réponses sont données oralement ou par désignation de l'enfant. Une passation complète dure une vingtaine de minutes, mais elle peut s'arrêter précocement après un trop grand nombre d'erreurs.

Dans un but de standardisation de la passation et de la cotation, les épreuves sont informatisées avec des réponses binaires (correct ou incorrect) et des consignes ont été transmises aux examinateurs. Aucune aide n'est apportée durant la passation. L'écran de l'ordinateur doit mesurer au minimum 15 pouces, sera placé face à l'enfant à une distance d'environ 60 cm, et la luminosité doit être acceptable. L'enfant ne manipule pas la souris pour ne pas impacter le temps, la précision, et ne pas le mettre en double-tâche. Si sa vue est corrigée, il devra porter ses lunettes pendant la passation.

## **I.4. Analyses statistiques**

Pour rappel, notre première hypothèse opérationnelle suppose que les enfants avec un trouble phonologique présentent plus de troubles neurovisuels que les enfants tout-venant.

La seconde stipule qu'un enfant avec un trouble phonologique important présentera davantage de difficultés neurovisuelles qu'un enfant avec un trouble phonologique modéré.

De l'ensemble de ces épreuves sont dégagées six notes visuelles, une pour chaque catégorie d'épreuves, et une note phonologique.

La batterie CLÉA propose l'extraction de deux types de notes phonologiques : la note brute et la note standard. La première n'ayant aucune valeur isolément, nous utiliserons la note standard pour nos analyses. Elle correspond au score brut comparé aux performances de l'étalonnage, le groupe de référence.

Nous avons d'abord tenté de répondre à notre première hypothèse opérationnelle.

Pour cela, nous avons calculé les niveaux moyens de réussite des deux groupes. Un test de Mann-Whitney a été appliqué pour déterminer si les performances obtenues présentaient des différences significatives.

On appelle  $p$  la valeur de la significativité statistique. On admet que la différence entre les deux groupes est statistiquement significative si le résultat au test de Mann-Whitney donne  $p \leq 0,05$ .

Si notre hypothèse est correcte, la moyenne du groupe des enfants avec troubles phonologiques doit être inférieure à celle du groupe des enfants tout-venant, et le test de Mann-Whitney doit montrer que la différence entre les deux groupes est significative.

Nous souhaitons également déterminer les épreuves les plus déficitaires chez les enfants présentant un trouble phonologique, en effectuant une comparaison de moyennes pour chaque type d'épreuve et un test de Mann-Whitney pour évaluer la significativité de la différence.

Nous avons ensuite tenté de répondre à notre seconde hypothèse opérationnelle.

Pour cela, nous avons étudié les notes visuelles et phonologiques des enfants du groupe GPho. Un nuage de points correspondant à l'analyse corrélative a permis d'observer si

les données se comportent de façon linéaire ou non. Le test de Spearman permet de conclure à une association ou non entre ces deux types de traitements.

Celui-ci permet le calcul du coefficient de corrélation  $r$ . Nous retiendrons que plus  $r$  est proche de 0, plus la corrélation est faible. Plus  $r$  est proche de -1 ou 1, plus la corrélation est forte. Si notre seconde hypothèse est correcte,  $r$  doit se rapprocher de 1, traduisant une corrélation positive forte.

Si nos deux hypothèses opérationnelles sont exactes, alors l'hypothèse générale est vérifiée : il existe un lien fonctionnel entre le traitement neurovisuel et le traitement phonologique.

### III. RESULTATS

Nous présenterons ici comment ont été traitées les données recueillies et décrirons, par hypothèse, ces résultats.

#### III.1. Statistiques descriptives des résultats

Les résultats détaillés des enfants des groupes GTem et GPho sont respectivement présentés dans les annexes 3 (p.60) et 4 (p.61). Le tableau 4 résume les moyennes, écarts-types, minima et maxima des deux groupes à l'ensemble des épreuves visuelles.

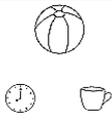
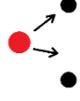
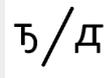
		Groupe Témoin (GTem)		Groupe Phono (GPho)	
		Moy. (ET)	[Min-Max]	Moy. (ET)	[Min-Max]
<b>Acuité</b>		<b>17,67</b> (1,65)	[13-19]	<b>13,22</b> (3,64)	[7-18]
<b>Chemins</b>		<b>2,14</b> (1,62)	[0-6]	<b>1,83</b> (1,69)	[0-5]
<b>Modèles</b>		<b>3,10</b> (1,67)	[0-6]	<b>2,67</b> (1,08)	[1-5]
<b>Barrages</b>		<b>1,05</b> (1,12)	[0-3]	<b>0,39</b> (0,61)	[0-2]
<b>Carroms</b>		<b>1,67</b> (1,35)	[0-4]	<b>1,33</b> (1,41)	[0-4]
<b>Pareils</b>		<b>2,67</b> (1,46)	[0-5]	<b>2,94</b> (1,16)	[1-5]
<b>SCORE NEUROVISUEL TOTAL</b>		<b>10,62</b> (5,51)	[1-22]	<b>9,17</b> (3,96)	[4-16]
<b>Phonologie</b>		non évaluée		<b>71</b> (11,01)	[42-86]

Tableau 4 - Résultats des deux groupes aux différentes épreuves

Les enfants suivis en orthophonie présentent une moyenne plus faible dans le score visuel total, l'épreuve d'Acuité visuelle, et 4 épreuves neurovisuelles sur 5. Les plus grandes différences se retrouvent sur les épreuves d'Acuité visuelle et de Barrage. Ils présentent une meilleure moyenne sur l'épreuve de jugement des Pareils.

Les maxima et les minima ne sont pas proches des moyennes. Les épreuves ne présentent donc ni d'effet plafond, ni d'effet plancher. Le score maximal est atteint en Acuité, Chemins et Modèles par certains enfants tout-venant (respectivement 9, 1 et 1 enfants sur les 21), mais n'est atteint dans aucun type d'épreuve par les enfants présentant un trouble phonologique. Les écarts-types sont marqués.

### III. 2. Effet de l'âge sur les performances

Un nuage de points et un test de Spearman ont été réalisés entre les âges des 39 enfants et leur score total aux épreuves neurovisuelles (Figure 12). Le nuage de points ne semble pas montrer de relation linéaire entre l'âge et les résultats des enfants. Le test de Spearman ne montre pas de corrélation significative :  $r=0,023$  et  $p=0,889$ . Les épreuves ne présentent donc pas d'effet d'âge sur la tranche d'âge étudiée.

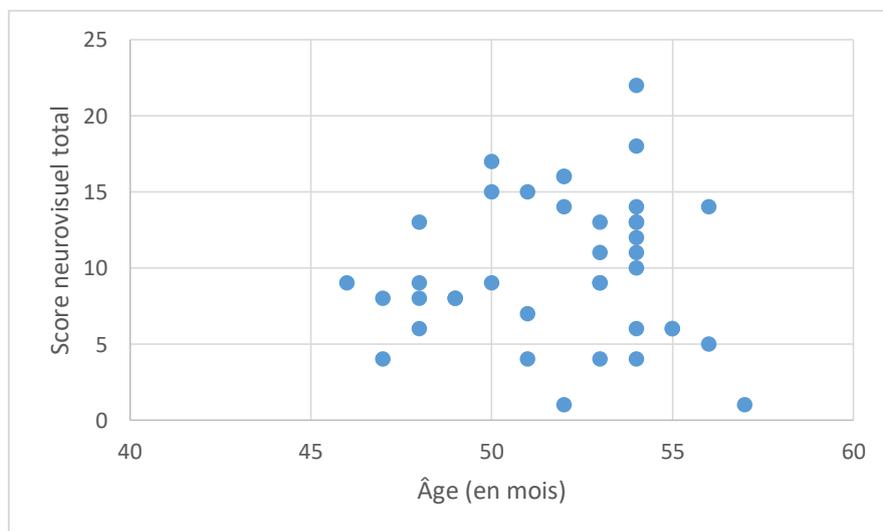


Figure 12 - Nuage de points des scores totaux par âge

### III.3. Vérification de l'hypothèse 1

Selon notre première hypothèse, les enfants du groupe GPho présenteront de plus faibles performances aux épreuves neurovisuelles que ceux du groupe GTem.

L'épreuve d'acuité visuelle étant indépendante des autres épreuves puisque l'acuité est une variable contrôle, nous l'étudierons en premier lieu.

### III.3.1. Comparaison des résultats à l'épreuve d'acuité visuelle

Les résultats sont fournis dans le tableau 5.

<i>Groupes</i>	<i>Score /19</i>		<i>Temps</i>	
	Tout-venant n=21	Orthophonie n=18	Tout-venant n=21	Orthophonie n=18
<i>MOY.(ET)</i>	17,7 (1,65)	13,2 (3,64)	155,2 (64,24)	101,5 (35,76)
<i>p</i>	< 0,001		< 0,01	

Tableau 5 - Application du test de Mann-Whitney aux performances des deux groupes à l'épreuve d'Acuité visuelle

Sur cette épreuve préalable, les enfants suivis en orthophonie ont obtenu une moyenne de 13,22/19 dans un temps moyen de 101,50 secondes. Les enfants tout-venant ont obtenu une moyenne de 17,67/19 dans un temps moyen de 155,24 secondes.

Le test de Mann-Whitney montre une différence significative entre les résultats des deux groupes, à la fois en score et en temps. L'écart-type est davantage marqué dans les scores des enfants suivis en orthophonie.

Un test de Spearman a été réalisé afin de donner des indications sur la covariation des performances de tous les enfants (groupes GTem et GPho) dans l'épreuve d'acuité visuelle et dans les épreuves neurovisuelles. Ce calcul permettra de déterminer si les performances des enfants à ces épreuves se sont mutuellement influencées, et si les variables « acuité » et « neurovision » sont véritablement indépendantes.

Pour rappel, la corrélation est faible si  $r$  est compris entre 0 et 0,3, passable entre 0,3 et 0,5, moyenne entre 0,5 et 0,7 et forte entre 0,7 et 1.

Le test montre une tendance corrélationnelle entre ces deux épreuves ( $r=0,302$  et  $p=0,062$ ), résultat qui semble confirmé par le nuage de points (Figure 13).

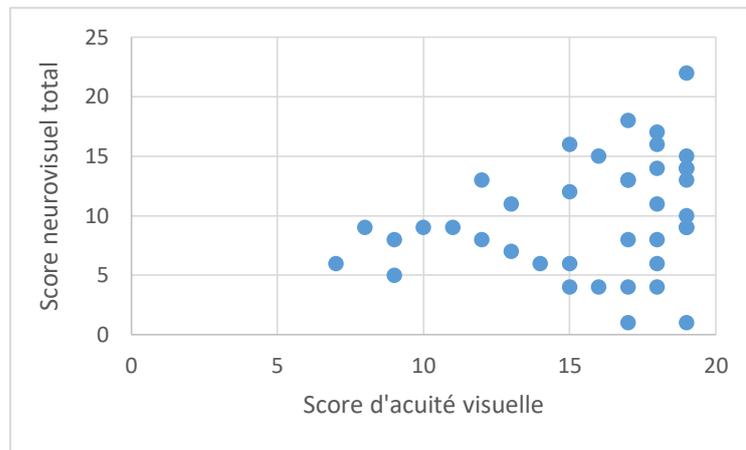


Figure 13 - Nuage de points représentant les scores d'acuité visuelle et totaux

### III.3.2. Comparaison des résultats aux épreuves neurovisuelles

Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

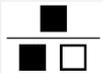
	N GTEM	N GPHO	TOUT-VENANT MOY.(ET)	ORTHOPHONIE MOY.(ET)	P
<b>SCORE NEUROVISUEL TOTAL</b>	21	18	<b>10,62</b> (5,51)	<b>9,17</b> (3,96)	0,329
<b>CHEMINS</b> 	21	18	<b>2,14</b> (1,62)	<b>1,83</b> (1,69)	0,576
<b>MODELES</b> 	21	18	<b>3,10</b> (1,67)	<b>2,67</b> (1,08)	0,343
<b>BARRAGE</b> 	21	18	<b>1,05</b> (1,12)	<b>0,39</b> (0,61)	0,058
<b>CARROMS</b> 	21	18	<b>1,67</b> (1,35)	<b>1,33</b> (1,41)	0,400
<b>PAREILS</b> 	21	18	<b>2,67</b> (1,46)	<b>2,94</b> (1,16)	0,671

Tableau 6 – Application du test de Mann-Whitney aux performances des deux groupes aux épreuves neurovisuelles

Les enfants suivis en orthophonie présentent en moyenne un score visuel total plus faible que les enfants tout-venant. La différence n'est toutefois pas significative puisque le test de Mann-Whitney donne un  $p > 0,05$ .

Les enfants suivis en orthophonie présentent un score moyen plus faible que les enfants tout-venant aux épreuves des Chemins, des Modèles, de Barrage et des Carroms. Ils présentent un score moyen plus élevé que les enfants tout-venant aux épreuves des Pareils. Toutes ces différences ne sont pas significatives puisque  $p > 0,05$ . L'épreuve de Barrage est plus proche de la significativité que les autres épreuves puisque  $p = 0,058$ .

Pour le score neurovisuel total, on observe un écart-type plus important dans le groupe GTem, ce qui n'était pas le cas pour le score d'acuité visuelle.

### **III.3.3. Analyse des temps**

L'analyse des temps de l'Acuité visuelle a été réalisée précédemment.

L'étude des temps moyens des enfants sur les épreuves neurovisuelles n'est pas pertinente. Les derniers items étant les plus difficiles, ils sont aussi les plus chronophages. Un enfant s'étant arrêté après le premier groupe d'items aura donc un temps moyen inférieur à un enfant ayant réalisé la passation complète.

Nous pouvons donc procéder à une analyse pour chacun des 30 items. Nous ne disposons toutefois que des temps de 36 enfants sur 39 : 19 tout-venant et 17 suivis en orthophonie. Les deux enfants tout-venant manquants, ayant obtenu un score de 1/30, ont vu le test s'arrêter après l'échec du deuxième module et les temps n'ont pas été relevés. Une lenteur informatique lors de la passation du test auprès d'un enfant du groupe GPho empêche l'exploitation des temps de cette enfant.

Les 30 tests de Mann-Whitney réalisés ne permettent de mettre en évidence que quatre différences significatives, sur les items Modèle 3, Barrage 4, Modèle 4 et Barrage 6. Ces quatre différences sont décrites dans le tableau 7. Sur ces items, les enfants porteurs d'un trouble phonologique sont plus rapides sans être significativement plus ou moins performants que les enfants tout-venant.

		Modèle 3	Barrage 4	Modèle 4	Barrage 6
<b>n</b>	<b>Tout-venant</b>	18	18	18	13
	<b>Orthophonie</b>	17	17	17	12
<b>Temps moyen en secondes (ET)</b>	<b>Tout-venant</b>	<b>15,04</b> (12,96)	<b>86,06</b> (30,33)	<b>16,56</b> (8,64)	<b>213,23</b> (100,84)
	<b>Orthophonie</b>	<b>8,12</b> (4,06)	<b>54,18</b> (18,91)	<b>11,53</b> (5,47)	<b>129,00</b> (120,98)
<b>p</b>		< 0,01	< 0,001	< 0,01	0,041

Tableau 7 – Application du test de Mann-Whitney aux temps des deux groupes : analyse des résultats significatifs

### III.4. Vérification de l'hypothèse 2

La seconde hypothèse cherche à montrer une corrélation entre les troubles phonologiques et visuels dans le groupe GPho. Le premier nuage de points reprend leur note standard phonologique et leur score d'acuité visuelle (Figure 14). Le test de Spearman ne montre pas de covariation entre ces deux variables :  $r=0,198$  ;  $p=0,432$ .

Le second nuage de points reprend la note standard phonologique des enfants du groupe GPho et leur score neurovisuel total (Figure 15). Le test de Spearman montre une corrélation passable entre tous ces résultats :  $r=0,350$  ;  $p=0,154$ .

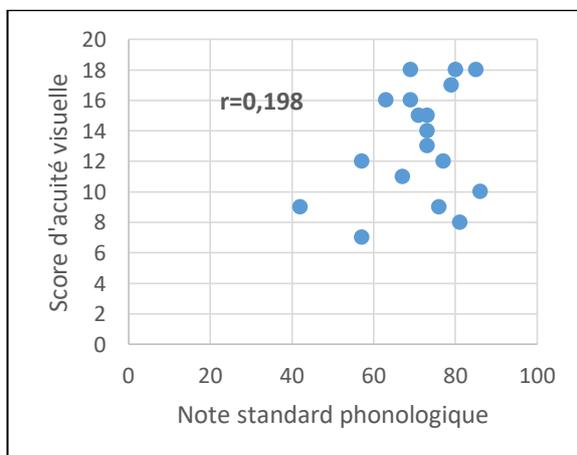


Figure 14 - Nuage de points représentant les corrélations entre acuité visuelle et phonologie

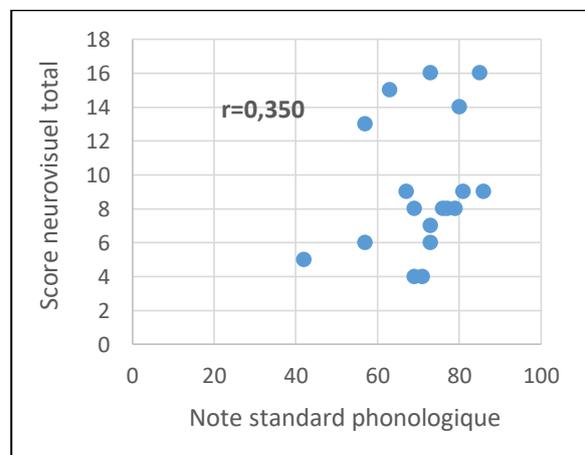


Figure 15 - Nuage de points représentant les corrélations entre fonctions neurovisuelles et phonologie

Les nuages de points et le test de Spearman ne permettent donc pas de mettre en évidence une corrélation linéaire entre acuité visuelle et phonologie, ou entre fonctions neurovisuelles et phonologie.

Le nuage de points de la figure 15 semble toutefois séparer les enfants selon leurs scores neurovisuels. Nous avons mis en évidence ces deux sous-groupes dans la figure 16.

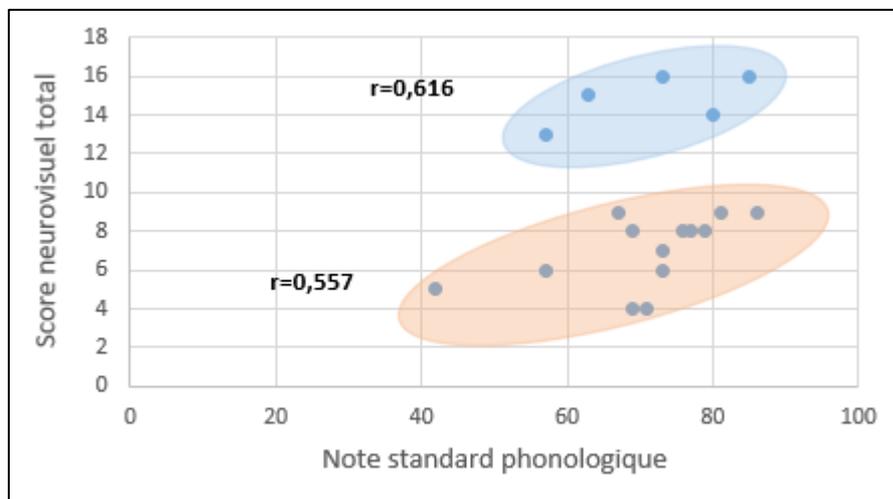


Figure 16 - Séparation des enfants en deux sous-groupes selon leurs performances neurovisuelles

Ce nuage de points semble ainsi montrer une association entre fonctions neurovisuelles et phonologie dans chaque sous-groupe. Les 5 meilleurs, représentés en bleu, ont obtenu un score neurovisuel total compris entre 13 et 16 sur 30. Les 13 moins bons, représentés en orange, ont obtenu entre 4 et 9 sur 30.

Dans le premier groupe, la corrélation entre fonctions neurovisuelles et phonologie est une corrélation moyenne ( $r=0,616$ ) non significative ( $p=0,269$ ). Dans le second groupe, la corrélation est moyenne ( $r=0,557$ ) et significative ( $p=0,048$ ).

## IV. DISCUSSION

Après avoir brièvement rappelé l'objectif et les hypothèses de notre étude, nous étudierons les qualités métrologiques de nos épreuves expérimentales. Ensuite, nous discuterons des résultats au regard des données théoriques pour mettre en évidence la présence ou l'absence de liens entre le traitement neurovisuel et phonologique. Enfin, nous aborderons les limites et perspectives de notre étude.

### IV.1. Re-contextualisation

L'objectif de cette étude était de déterminer la présence ou l'absence d'association entre le traitement neurovisuel et le traitement phonologique chez des enfants de 3 ans 10 mois à 4 ans 9 mois suivis ou non en orthophonie.

Notre méthodologie reposait sur la passation par tous ces enfants d'une épreuve préalable d'acuité visuelle puis de 5 types d'épreuves neurovisuelles. Le diagnostic de trouble phonologique des enfants suivis en orthophonie a été posé grâce à la batterie d'évaluation du langage CLÉA.

Notre première hypothèse opérationnelle supposait qu'un enfant avec trouble phonologique présenterait davantage de difficultés neurovisuelles qu'un enfant tout-venant. Une analyse des différences de résultats aux épreuves visuelles a donc été réalisée entre les enfants des deux groupes.

Notre seconde hypothèse opérationnelle supposait qu'un enfant présentant un trouble phonologique important montrerait également de plus grandes difficultés neurovisuelles. Pour la vérifier, une analyse des corrélations entre le score visuel et le score phonologique de chaque enfant suivi en orthophonie a été réalisée.

### IV.2. Discussion de la méthode

Les épreuves utilisées dans cette étude étant expérimentales, il convient de discuter de leurs qualités métrologiques, c'est-à-dire de leur aptitude à évaluer des fonctions cognitives. On en distingue trois types : la validité, la sensibilité et la fidélité.

### **IV.2.1. Validité de la mesure**

La validité d'un test est la qualité métrologique selon laquelle un test mesure bien ce qu'il est censé mesurer. Elle correspond aux liens établis entre les résultats d'un individu au test et d'autres observations objectives (Brin-Henry et al., 2011).

Parmi les enfants tout-venant évalués, l'une d'eux présentait une déficience visuelle. Nous n'avons donc pas pris ses résultats en compte dans les calculs statistiques, la déficience visuelle faisant partie de nos critères d'exclusion puisque ce handicap ne lui permettait pas de réaliser les épreuves. Sa passation de l'épreuve d'acuité visuelle nous est tout de même utile pour évaluer la validité de celle-ci.

Cette enfant a obtenu un score de 4 sur 19 à l'épreuve d'acuité visuelle. Elle a pu percevoir les formes de grande taille présentes sur les deux premières lignes. Les formes de taille moyenne et de petite taille n'ont pas été perçues. Il semble donc que l'épreuve soit valide, c'est-à-dire qu'elle évalue bien l'acuité visuelle.

Disposer d'examen ophtalmologiques renseignant sur de potentiels troubles de l'acuité chez les autres enfants nous permettrait d'objectiver la validité de cette épreuve.

Les enfants testés n'ont pas réalisé d'examen orthoptique au préalable. Il serait également intéressant de comparer nos résultats à un examen objectivé par un spécialiste afin de vérifier la validité des épreuves neurovisuelles.

### **IV.2.2. Sensibilité de la mesure**

La sensibilité correspond à la finesse discriminative d'un test. Elle consiste en l'obtention de résultats suffisamment discriminants entre les sujets pour permettre leur classement et leur différenciation (Brin-Henry et al., 2011).

Il convient donc de discuter de la capacité des épreuves à séparer les participants selon leurs performances. L'épreuve d'Acuité a montré qu'elle pouvait mettre en évidence une déficience visuelle, et on constate une grande diversité des résultats : les écarts-types sont marqués, les minima et maxima ne sont pas proches. Toutefois, nous n'observons pas de séparation des enfants en groupes distincts selon leurs performances à cette épreuve, tant

dans le groupe GTem que le groupe GPho. Le pouvoir de dépistage d'un trouble d'acuité visuelle est donc limité : nous ne pouvons pas savoir à partir de quel résultat l'enfant présente un trouble d'acuité.

Cette épreuve pourrait donc être modifiée afin d'en augmenter la capacité à dépister une plus faible acuité. Actuellement, les participants ne recherchent que les ballons. Leur demander de dénommer tous les dessins permettrait une mesure plus sensible et un pouvoir de dépistage plus important.

Dans l'épreuve de Barrage, la moyenne des enfants du groupe GPho (0,39/6) est proche du score minimal, ce qui n'est pas le cas pour la moyenne des enfants tout-venant (1,05/6). Il conviendrait donc de la simplifier quelque peu afin d'en augmenter la sensibilité. L'épreuve ne présente toutefois pas un réel effet plancher pour lequel la moyenne est égale au minimum, traduisant un test trop difficile, puisqu'il persiste une variabilité importante des résultats.

Dans toutes les autres épreuves, les moyennes ne sont proches ni des minimums ni des maximums, pour les enfants tout-venant ou suivis en orthophonie. Cette observation est un indicateur de bonne sensibilité des épreuves. Les épreuves ne sont ni trop simples, ni trop complexes, et semblent parvenir à différencier les individus les uns des autres puisque les écarts-types sont marqués : on obtient une grande diversité de résultats.

De plus, les épreuves neurovisuelles ont permis de séparer les enfants du groupe GPho en deux groupes distincts selon leurs performances : ceux ayant obtenu les meilleurs résultats et ceux ayant eu de plus faibles scores. Ces épreuves permettraient donc de dépister efficacement les troubles neurovisuels.

### **IV.2.3. Fidélité de la mesure**

La fidélité correspond à la constance des résultats obtenus au même test par un même sujet. Une procédure appliquée deux fois donnera donc les mêmes mesures (Brin-Henry et al., 2011).

L'épreuve d'Acuité consiste à retrouver 19 ballons de tailles décroissantes parmi 65 formes. Les 5 autres types d'épreuves comportent 6 subtests chacun mélangés entre eux. Dans ces subtests, les épreuves de Barrage, des Chemins, des Modèles et des Carrons comportent de nombreux dessins. Les épreuves des Pareils apparaissent dans un temps très court ne permettant pas de retenir la réponse à long terme.

Il semble donc que les participants ne puissent pas se souvenir des réponses entre deux passations. L'effet test-retest est faible et les épreuves semblent fidèles.

Toutefois, leur coût cognitif pour des enfants si jeunes nous oblige à nous interroger sur cette fidélité. Le test est long et certaines épreuves sont complexes. De plus, il est admis que des liens existent entre les troubles du langage et les troubles de l'attention (American Psychiatric Association, 2003). Les enfants présentant un trouble phonologique pourraient également présenter des fragilités attentionnelles influant sur leurs résultats. Une deuxième passation des épreuves pourrait donc ne pas donner exactement les mêmes mesures.

L'analyse des temps des enfants semble aller dans le sens de ces interprétations. Les enfants du groupe GPho sont plus rapides que ceux du groupe GTem dans 26 items sur 31. La différence est significative pour 4 de ces items. Il semble donc que les enfants présentant un trouble phonologique fassent preuve d'impulsivité, qui est possiblement liée à des contraintes attentionnelles et/ou à des difficultés neurovisuelles. Cette observation renforce les observations d'Ebert et Kohnert (2011) qui ont mis en évidence des liens entre les troubles du langage oral et les troubles d'attention visuelle soutenue.

Les passations des épreuves ont montré que certains enfants ont utilisé spontanément des comportements facilitateurs, notamment suivre avec le doigt et s'approcher de l'écran. Le test a semblé long pour des enfants si jeunes. D'autres ont éprouvé des difficultés à comprendre les consignes, autant parmi les enfants tout-venant que les enfants avec troubles phonologiques.

Il pourrait donc être intéressant de modifier les critères d'arrêt du test afin de pallier le coût attentionnel et cognitif qu'il entraîne, et ainsi d'en augmenter la fidélité.

## **IV.3. Discussion des résultats : liens entre les fonctions cognitives étudiées**

### **IV.3.1. Acuité et fonctions neurovisuelles**

Les résultats décrits précédemment ont montré une corrélation passable entre les scores d'acuité visuelle et neurovisuels ( $r=0,302$ ). Il semble donc que les compétences neurovisuelles des enfants aient partiellement influencé leurs performances dans l'épreuve d'Acuité.

Aussi, les résultats des enfants suivis en orthophonie dans l'épreuve d'Acuité visuelle sont significativement plus faibles que ceux des enfants tout-venant ( $p<0,001$ ). Cette différence pourrait s'expliquer par de possibles plus faibles capacités saccadiques (puisque l'épreuve d'acuité mobilise également les saccades) comme le montre l'épreuve de Barrage dont la différence entre les groupes est à la limite de la significativité ( $p=0,058$ ). Elle pourrait également être conséquente aux liens précédemment décrits entre les troubles langagiers et attentionnels. Pour limiter ces biais, il serait intéressant de présenter les formes de l'épreuve d'Acuité visuelle ligne par ligne.

Il est également possible qu'à l'inverse, un déficit d'acuité visuelle ait impacté les résultats neurovisuels. Un examen ophtalmologique permettrait d'écarter cette hypothèse.

Nous observons un lien entre ces deux domaines qui mobilisent des capacités visuelles, mais nous pouvons penser que les épreuves évaluent des compétences distinctes puisque la corrélation n'est que passable. De plus, on observe que l'écart-type du score neurovisuel total est plus important dans le groupe GTem que dans le groupe GPho, alors que nous pouvons faire l'observation inverse pour le score d'acuité. Ce résultat confirme l'hypothèse selon laquelle ces variables ne sont pas totalement dépendantes : malgré une homogénéité des résultats en acuité, le groupe GTem obtient des scores très variés en neurovision.

Il est donc important d'évaluer à la fois l'acuité visuelle et les compétences neurovisuelles, qui ont toutes deux des conséquences sur le langage oral ou écrit (Chokron et al., 2010; Lewi-Dumont, 2011).

### **IV.3.2. Acuité et phonologie**

Le score d'acuité visuelle des enfants suivis en orthophonie est faiblement corrélé à leur score en phonologie ( $r=0,198$ ). Il est prouvé qu'un déficit d'acuité visuelle retarde le développement du langage (Lewi-Dumont, 2011). La phonologie n'est pas le domaine le plus touché par ce handicap, mais on peut noter quelques approximations phonologiques chez les jeunes enfants présentant une déficience visuelle. On note en revanche des difficultés d'acquisition et de structuration du lexique ainsi qu'un verbalisme. Celui-ci correspond à l'acquisition d'un lexique dont ils n'ont pas la connaissance perceptive concrète, comme les couleurs. Les premières phrases sont plus tardives, mais ce retard est comblé avant 3 ans. Les enfants malvoyants acquièrent également plus tardivement les pronoms, notamment le « je ».

Chez les enfants du groupe GPho, la phonologie est déficitaire puisqu'ils présentent un trouble phonologique diagnostiqué par un retard conséquent par rapport à leurs pairs, à un âge où cela ne devrait plus être le cas. L'acuité n'est pas non encore pleinement développée puisqu'elle n'est que d'environ 5/10<sup>e</sup> à 4 ans, et sera maximale vers 5 à 6 ans.

Cette association faible mais présente est donc représentative des quelques imprécisions phonologiques retrouvées chez les enfants déficients visuels, et confirme ce que des auteurs comme Lewi-Dumont ont décrit (2011). Elle est également représentative de l'évaluation de deux fonctions cognitives distinctes plus ou moins déficitaires selon le développement et les troubles propres à chaque enfant. Cependant, la différence très significative entre les scores d'acuité des deux groupes nous interroge ( $p<0,001$ ). En effet, compte-tenu du faible lien entre acuité et phonologie, les enfants présentant un trouble phonologique ne devraient pas présenter une différence si importante en acuité visuelle.

Ce résultat rejoint là encore une hypothèse de coût attentionnel et saccadique important chez les enfants suivis en orthophonie. Présenter les lignes de l'épreuve d'Acuité visuelle les unes après les autres, dans l'ordre décroissant, permettrait de réduire ces biais.

### **IV.3.3. Fonctions neurovisuelles et phonologie**

Comme le supposait notre première hypothèse opérationnelle, les enfants avec trouble phonologique présentent de plus faibles compétences neurovisuelles. Les différences ne sont toutefois pas significatives. Seule l'épreuve de Barrage est à la limite de la significativité ( $p=0,058$ ). Cette donnée pourrait être révélatrice d'une plus faible attention visuelle et/ou d'une fragilité saccadique puisque cette épreuve est celle qui engage le plus ces mouvements visuels. La voie parvocellulaire ne semble pas touchée chez ces enfants puisque qu'ils réussissent mieux l'épreuve des Pareils que les enfants tout-venant et que la différence à l'épreuve des Modèles est loin de la significativité.

Il est dit dans le DSM-IV que les troubles attentionnels seraient une conséquence développementale probable des troubles phonologiques (American Psychiatric Association, 2003). Ainsi, les plus faibles capacités attentionnelles des enfants du groupe GPho impacteraient leurs saccades, alors moins organisées.

Toutefois, selon le modèle du déficit multiple décrit par Pennington (2006), les troubles neurodéveloppementaux ont une étiologie multifactorielle. Chaque individu disposerait donc de facteurs de risque et de facteurs protecteurs, génétiques et environnementaux, qui lui sont propres. Un enfant présentant un trouble phonologique devrait donc présenter des difficultés attentionnelles mais, selon ce modèle, des facteurs pourraient protéger le patient d'une désorganisation saccadique importante. A l'inverse, un enfant présentant une faible atteinte phonologique mais disposant de facteurs de risque attentionnels pourrait présenter une atteinte saccadique importante. La covariation entre phonologie et neurovision ne serait donc pas linéaire puisque de nombreux facteurs coexistent et influencent le développement de ces fonctions cognitives, ce qui renforce l'idée d'un déficit multiple comme l'a décrit Pennington.

Selon notre deuxième hypothèse, plus un enfant présente un trouble phonologique important, plus ses troubles neurovisuels le sont également. Le test de Spearman donne une corrélation passable entre ces deux scores ( $r=0,350$ ). Cette covariation est modérée car on observe que le nuage de points reprenant les scores phonologiques et neurovisuels sépare les enfants en deux sous-groupes qui ont réagi différemment aux épreuves neurovisuelles. Les 5 enfants qui ont obtenu les meilleurs résultats (entre 13 et 16 sur 30) sont séparés des 13 ayant obtenu de plus faibles scores (entre 4 et 9 sur 30). Dans chaque groupe, les enfants ayant

obtenus un bon score phonologique semblent avoir réussi plus d'épreuves neurovisuelles que les enfants avec une phonologie plus fragile.

Il semble donc qu'un autre facteur que la phonologie ait séparé les enfants selon leurs performances aux épreuves visuelles. Ce facteur pourrait être l'attention. Comme nous l'avons déjà évoqué, de nombreux enfants ont éprouvé des difficultés à rester concentrés durant toute la passation et ont cherché des moyens compensatoires. De plus, comme nous l'avons déjà évoqué, les troubles attentionnels seraient une cause développementale des troubles phonologiques (American Psychiatric Association, 2003).

La corrélation entre les scores neurovisuels et phonologiques des 5 enfants ayant obtenu les meilleurs résultats aux épreuves visuelles (13 à 16 sur 30) est une corrélation moyenne ( $r=0,616$ ), non significative ( $p=0,269$ ) au vu du très faible nombre de participants. Il serait intéressant de proposer nos épreuves à un plus grand nombre d'enfants pour augmenter la significativité de ce résultat, que nous ne pouvons interpréter actuellement.

La corrélation entre les scores des 13 enfants ayant obtenu les moins bons résultats aux épreuves visuelles (4 à 9 sur 30) est une corrélation moyenne ( $r=0,557$ ) significative ( $p=0,048$ ). Il semble donc que malgré la complexité du développement des fonctions cognitives, nos épreuves aient réussi à mettre en évidence une partie des liens existant entre neurovision et phonologie, nous permettant de valider partiellement nos hypothèses.

L'étude de Marton (2008) supposait l'existence de liens entre le langage oral et les représentations visuo-spatiales ainsi que la mémoire visuelle. L'étude d'Ehbert et Kohnert (2011) avait mis en évidence une association entre langage oral et attention visuelle. La corrélation précédemment décrite entre la phonologie et la neurovision de ces 13 enfants renforce les observations de ces deux études.

#### **IV.4. Limites et perspectives**

Les hypothèses formulées ne sont pas validées. Nous allons évoquer les causes théoriques et méthodologiques qui pourraient l'expliquer. Nous allons ainsi discuter des limites de notre étude et des perspectives qu'elle nous ouvre.

### **IV.4.1. Nombre d'enfants**

Nous ne disposons que d'un faible nombre de participants : 21 enfants tout-venant et 18 enfants suivis en orthophonie. Nous observons des résultats plus faibles chez les enfants porteurs de troubles phonologiques dans 5 types d'épreuves sur 6, mais aucune de ces différences n'est significative, ne permettant pas de valider notre première hypothèse. Un plus grand nombre de participants révélerait peut-être une différence plus significative.

Dans le groupe GPho, nous manquons également d'enfants parmi ceux ayant obtenu les meilleurs scores neurovisuels. Proposer nos épreuves à davantage d'enfants permettrait d'obtenir un lien de covariation significatif entre phonologie et neurovision dans ce sous-groupe.

### **IV.4.2. Capacités attentionnelles des enfants**

La longueur et la complexité des épreuves semblent avoir impacté les résultats de ces jeunes enfants. Il semblerait utile d'ajouter une épreuve évaluant l'attention soutenue afin de mettre en évidence une telle contrainte. Nous pourrions également revoir les critères d'arrêt de notre test, en proposant de plus en plus d'items en fonction de l'âge des participants, ou un arrêt après 3 ou 4 items échoués indépendamment de leur organisation en groupes.

### **IV.4.3. Qualités métrologiques des épreuves**

Nous ne pouvons être persuadés que les qualités métrologiques de nos épreuves (validité, sensibilité et fidélité) soient optimales.

Des examens ophtalmologiques et orthoptiques permettraient de s'assurer de la validité respective des épreuves d'acuité et neurovisuelles.

Présenter les lignes de l'épreuve d'Acuité visuelle une par une, dans l'ordre décroissant, permettrait de limiter les biais attentionnels et saccadiques possiblement présents, si l'on continue de suivre nos hypothèses, chez les enfants suivis en orthophonie. Cette modification pourrait améliorer la sensibilité et la fidélité de cette épreuve, puisqu'on écarterait toutes les contraintes empêchant d'évaluer correctement l'acuité visuelle. Cette mesure d'acuité pourrait être encore plus précise : après avoir identifié chaque dessin isolément, nous pourrions demander aux enfants de dénommer, ligne par ligne, tous les dessins présentés.

Là encore, la révision des critères d'arrêt permettrait d'augmenter la sensibilité et la fidélité du test. Actuellement, une seule bonne réponse par bloc de 5 items suffit à continuer la passation. Cette bonne réponse peut être due au hasard et le résultat de l'enfant serait alors un faux positif, augmentant le score total malgré de faibles capacités neurovisuelles. De plus, en fonction de l'état attentionnel de l'enfant, nous n'obtiendrions pas exactement les mêmes résultats entre deux passations.

#### **IV.4.4. Nouvelles épreuves et futures études**

Comme développé précédemment, une épreuve d'attention soutenue pourrait être ajoutée.

Pour le moment, notre test n'évalue pas la poursuite visuelle. Inclure une épreuve proposant par exemple de suivre un point mouvant sur l'écran permettrait de tester ce mouvement oculaire.

Il pourrait également être intéressant de poursuivre notre étude en analysant les covariations entre la neurovision et les autres aspects du langage, notamment le lexique et la morphosyntaxe. Ainsi, nous pourrions apprécier les conséquences d'une fragilité neurovisuelle sur l'ensemble de ces composantes.

#### **IV.4.5. Absence d'examens complémentaires**

Hormis les examens orthoptiques et ophtalmologiques déjà abordés ci-dessus, un des biais importants de notre étude est l'absence d'examen du langage des enfants tout-venant. De plus, ces enfants ont été choisis dans une même école maternelle, et proviennent donc probablement d'un milieu socio-culturel proche.

Si ce milieu n'était pas optimal au développement de leur langage, alors leurs résultats aux tests langagiers seraient possiblement proches des résultats des enfants suivis en orthophonie. En continuant de suivre nos hypothèses, leurs résultats aux épreuves neurovisuelles seraient donc plus faibles que la norme attendue pour des enfants tout-venant. La différence entre les deux groupes serait alors moins importante qu'elle pourrait l'être en étudiant des enfants de milieux socio-culturels variés.

## **IV.5. Intérêt de cette étude dans la pratique orthophonique**

Comme nous l'avons vu précédemment, il est admis que la vision et le langage sont liés.

Selon Sylvie Chokron (2010), les troubles neurovisuels sont impliqués dans la dyslexie développementale. On retrouve chez ces patients des troubles de la fixation, de la poursuite oculaire et de l'attention visuelle induisant une lenteur, des difficultés de regroupement et de reconnaissance des lettres.

Nous avons également vu qu'une déficience visuelle impactait le développement du langage oral, en particulier le lexique et la morphosyntaxe (Lewi-Dumont, 2011).

Enfin, nous savons que le langage oral est un des précurseurs du développement du langage écrit (Colé et al., 2012). L'apprentissage de l'écrit repose sur des capacités phonologiques : différenciation des phonèmes entre eux puis identification et manipulations syllabiques et phonémiques. C'est ce que l'on appelle les capacités métaphonologiques. L'enfant doit ensuite apprendre à convertir les phonèmes en graphèmes, c'est-à-dire en symboles visuels, pour décoder les mots écrits. Après plusieurs présentations, les mots écrits seront retenus dans leur globalité et associés à leur équivalent oral afin de les reconnaître rapidement. Un lexique et une morphosyntaxe orale suffisants permettent une bonne compréhension orale qui sous-tendra plus tard la compréhension écrite.

Il est donc important d'évaluer à la fois l'acuité visuelle, les fonctions neurovisuelles mais aussi le langage oral, pour permettre aux enfants d'entrer au mieux dans le langage écrit.

De plus, intégrer ces épreuves visuelles au sein d'une évaluation cognitive plus globale (attention, mémoire, praxies, raisonnement, reconnaissance des émotions, etc.) permettrait de favoriser le développement du langage oral et écrit des patients, en les réorientant vers les professionnels concernés par leurs contraintes.

## V. CONCLUSION

La problématique de cette étude portait sur l'existence de liens entre le traitement neurovisuel et phonologique chez des enfants âgés de 3 ans 10 mois à 4 ans 9 mois.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de résultats significativement inférieurs chez les enfants porteurs d'un trouble phonologique par rapport aux enfants tout-venant, possiblement à cause d'un nombre de participants trop faible.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de corrélation entre neurovision et phonologie parmi l'ensemble des enfants étudiés. Ce résultat est dû à la complexité du neurodéveloppement. Chaque individu possède des facteurs protecteurs et aggravants qui lui sont propres, en fonction de son patrimoine génétique et de son environnement. De ce fait, un enfant présentant un trouble phonologique important pourrait ne pas présenter davantage de troubles neurovisuels qu'un autre enfant, grâce à des facteurs protecteurs.

Il semble toutefois que les enfants suivis en orthophonie aient été séparés en deux sous-groupes selon leurs capacités attentionnelles. Les troubles de l'attention sont une conséquence développementale probable des troubles phonologiques et pourraient entraîner une désorganisation des saccades. Cependant, des facteurs protecteurs chez certains enfants auraient permis leur bon développement neurovisuel.

Les enfants du deuxième sous-groupe ont obtenu les plus faibles résultats aux épreuves neurovisuelles. Il semble donc que leurs troubles phonologiques aient entraîné des troubles attentionnels, qui ont perturbé les saccades en l'absence de facteurs protecteurs. Nous avons ainsi pu relever une corrélation significative entre phonologie et fonctions neurovisuelles dans ce sous-groupe. Cette corrélation nous permet de mettre en évidence la présence de liens entre ces fonctions cognitives et de valider partiellement nos hypothèses.

Nous pouvons donc souligner le rôle important du facteur attentionnel dans cette étude, compte tenu du jeune âge des participants et des liens existants entre langage et attention. En proposant aux patients de tous âges une évaluation d'un maximum de fonctions cognitives, nous pourrions identifier les contraintes perturbant leur développement global. Il reste important de les réorienter vers les professionnels médicaux et paramédicaux concernés et de travailler en collaboration.

Il faut rappeler que l'évaluation des fonctions neurovisuelles et du langage oral chez des enfants si jeunes reste importante pour leur permettre d'acquérir le langage écrit de façon optimale.

Notre étude est perfectible et a permis de mettre en évidence quelques améliorations à apporter. Certains items doivent être simplifiés, d'autres pourraient être complexifiés, et la présentation de quelques-uns serait à revoir. La poursuite visuelle n'étant actuellement pas testée, nous pourrions ajouter une épreuve donnant une première évaluation de ce mouvement oculaire.

Il conviendrait bien sûr de proposer cette méthodologie à un plus grand nombre de participants, d'âges et de milieux socio-culturels variés, afin d'augmenter la significativité de nos résultats. L'étude des différences et des corrélations avec les autres composantes du langage, notamment le lexique et la morphosyntaxe, pourrait également être intéressante.

Il est important de rappeler que le neurodéveloppement est complexe. Les facteurs protecteurs et aggravants propres à chaque individu ainsi que les nombreuses interactions entre les fonctions cognitives rendent difficile l'étude de leurs covariations. Il conviendrait donc de repenser cette étude au sein d'une évaluation plus globale des fonctions cognitives, pour ainsi identifier les facteurs protecteurs et les facteurs de risque influant sur le développement neurovisuel et phonologique.

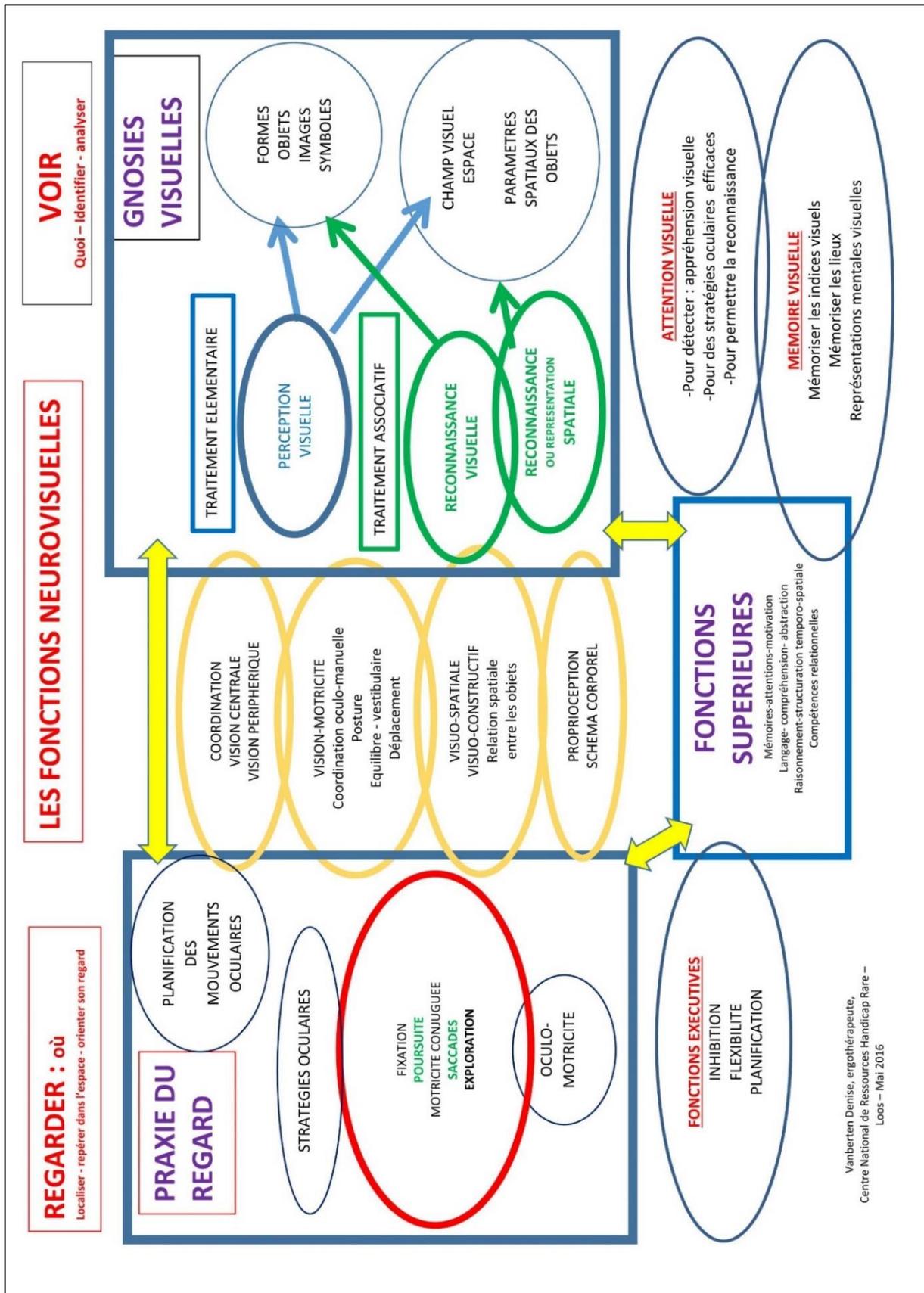
# BIBLIOGRAPHIE

- American Psychiatric Association. (2003). *DSM-IV-TR : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, texte révisé* (4<sup>e</sup> éd.). Paris, France: Masson.
- American Psychiatric Association. (2015). *DSM-V : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5<sup>e</sup> éd.). Paris, France: Elsevier Masson.
- American Speech-Language-Hearing Association. (s. d.). Speech Sound Disorders- Articulation and Phonology. Consulté à l'adresse <https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589935321&section=Causes>
- Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'orthophonie* (3<sup>e</sup> éd.). Ortho Edition.
- Carrasco, M. (2011). Visual attention : The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1484-1525.
- Chang, E. F., Raygor, K. P., & Berger, M. S. (2015). Contemporary model of language organization : an overview for neurosurgeons. *Journal of Neurosurgery*, 122(2), 250-261.
- Chokron, S., Cavézian, C., & De Agostini, M. (2010). Troubles neurovisuels chez l'enfant : Sémiologie, retentissement sur les apprentissages et dépistage. *Développements*, 3(6), 17-25.
- Colé, P., Casalis, S., Dominguez, A. B., Leybaert, J., Schelstraete, M.-A., & Sprenger-Charolles, L. (2012). Apprendre à lire : quelques repères. In *La psychologie en plus. Lecture et pathologies du langage oral* (p. 7-16). Presses Universitaires de Grenoble.
- De Boysson-Bardies, B. (1998). Comment la parole vient aux enfants. *Les Cahiers du M.U.R.S.*, (35), 3-18.
- Devinck, F. (2003). *Les traitements visuels chez l'homme : stratégies de classification de la forme* (Thèse de doctorat en psychologie, Université Lumière Lyon 2). Consulté à l'adresse [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2003.devinck\\_f&part=74754](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2003.devinck_f&part=74754)

- Ebert, K. D., & Kohnert, K. (2011). Sustained attention in children with primary language impairment: A meta-analysis. *Journal of speech, language, and hearing research*, 54(5), 1372-1384.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15(1), 20-25.
- Gray, H. (1918). *Medial surface of left cerebral hemisphere* [Anatomy of the Human Body].
- Hervault, C., & Clenet, M.-F. (2013). *Guide de l'orthoptie*. Elsevier Masson.
- Imbert, M. (2002). Perception visuelle et conscience. *Pour la Science, Spécial cerveau : Des fenêtres sur la conscience*, (302).
- Institut National de la Santé et la Recherche Médicale. (2007). *Théorie visuelle* (p. 419-450). Paris, France: Les éditions Inserm.
- Jacquier, C. (2008). *Étude d'indices acoustiques dans le traitement temporel de la parole chez des adultes normo-lecteurs et des adultes dyslexiques* (Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en neurosciences de l'Université de Lyon). Université Lumière Lyon 2, Lyon, France.
- Jeanrot, N., & Jeanrot, F. (2011). *Manuel de strabologie : Aspects cliniques et thérapeutiques* (Vol. 3). Elsevier Masson.
- Kail, M., & Fayol, M. (2000). *L'acquisition du langage : Le langage en émergence. De la naissance à trois ans*. Presses Universitaires de France.
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2015). *The Neurology of Eye Movements* (5<sup>e</sup> éd.). Oxford University Press.
- Lewi-Dumont, N. (2011). Repères culturels de la cécité. *Langage*, 38-39, 174-183.
- Luna, B., Velanova, K., & Geier, C. F. (2008). Development of eye-movement control. *Brain and Cognition*, (68), 293-308.
- Marton, K. (2008). Visuo-spatial processing and executive functions in children with specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(2), 181-200.
- Moritz-Gasser, S., & Duffau, H. (2013). The anatomo-functional connectivity of word repetition : insights provided by awake brain tumor surgery. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(405).

- Pasquet, F., Parbeau-Guéno, A., & Bourg, E. (2014). *Communiquer, Lire et Écrire pour Apprendre (CLÉA)*. ECPA, Pearson France, Paris.
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition, 101*(2), 385-413.
- Pisella, L., Sergio, L., Blangero, A., Torchin, H., Vighetto, A., & Rossetti, Y. (2009). Optic ataxia and the function of the dorsal stream : Contributions to perception and action. *Neuropsychologia, 47*, 3033-3044.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., C. Hall, W., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2004). Eye Movements and Sensory Motor Integration. In *Neuroscience* (Vol. 3). Sunderland, USA: Sinauer Associates.
- Salman, M. S., Sharpe, J. A., Eizenman, M., Lillakas, L., Westall, C., To, T., ... Steinbach, M. J. (2006). Saccades in children. *Vision Research, (46)*, 1432-1439.
- Schelstraete, M.-A., Noël, M.-P., Maillart, C., & Jamart, A.-C. (2004). Les troubles phonologiques : cadre théorique, diagnostic et traitement. In *Proximités logopédie. Les troubles du langage et du calcul chez l'enfant* (p. 81-112). Consulté à l'adresse [http://phonetique.uqam.ca/upload/files/Schelstraete\\_etal.pdf](http://phonetique.uqam.ca/upload/files/Schelstraete_etal.pdf)
- Stein, J. (2003). Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia, 47*, 1785-1793.
- Todd, J. J., & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature, 428*(6984), 751-754.
- Van der Lely, H. K. J., & Pinker, S. (2014). The biological basis of language : insight from developmental grammatical impairments. *Trends in Cognitive Sciences, 18*(11), 586-595.
- Vanberten, D. (2016). *Carte mentale des fonctions neurovisuelles* [Centre National de Ressources Handicap Rare]. Consulté à l'adresse <https://www.cnrlapepiniere.fr/population/troubles-neurovisuels>

# ANNEXES



Annexe 1 - Carte mentale des fonctions neurovisuelles (Vanberten, 2016)

Patient	Examineur	
V	S	
Date de naissance:		
Antécédents visuel:		
<a href="#">EXPORTER LES SCORES</a> <a href="#">TERMINER L'EXAMEN VISUEL</a>		
	Groupe 1	Groupe 2
Acuité en 3 minutes 41 secondes 16 succès / 3 omissions / 3 erreurs	Carrom en 11 secondes  Chemin en 28 secondes  Pareil en 10 secondes  Barrage en 2 minutes 6 secondes 6 succès / 0 omissions / 13 erreurs  Modèle en 12 secondes	Pareil en 10 secondes  Carrom en 36 secondes  Modèle en 11 secondes  Chemin en 35 secondes  Barrage en 44 secondes 6 succès / 5 omissions / 7 erreurs
Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Modèle en 6 secondes  Pareil en 6 secondes  Chemin en 19 secondes  Barrage en 42 secondes 5 succès / 2 omissions / 3 erreurs  Carrom en 13 secondes	Chemin en 14 secondes  Barrage en 1 minute 10 secondes 6 succès / 3 omissions / 2 erreurs  Pareil en 6 secondes  Modèle en 6 secondes  Carrom en 27 secondes	Barrage en 37 secondes 3 succès / 24 omissions / 7 erreurs  Modèle en 11 secondes  Chemin en 16 secondes  Carrom en 29 secondes  Pareil en 6 secondes
Groupe 6		
Modèle en 12 secondes  Carrom en 4 secondes  Barrage en 4 minutes 26 secondes 14 succès / 26 omissions / 34 erreurs  Pareil en 8 secondes  Chemin en 24 secondes		

Annexe 2 - Exemple d'un écran de résultats

Numéro enfant	Âge au moment de la passation	Sexe	Acuité visuelle				Score total neurovisuel /30	Chemins /6	Identifier le modèle /6	Barrages /6	Carrons /6	Pareil /6
			Succès	Omissions	Erreurs	Temps (en secondes)						
1	4 ans 6 mois	F	17	2	0	74	18	5	2	2	4	
2	4 ans 5 mois	M	17	2	0	93	13	3	1	0	4	
3	4 ans 6 mois	M	13	6	0	121	11	3	2	3	1	
4	4 ans 6 mois	F	19	0	0	124	13	3	3	1	3	
5	4 ans 6 mois	M	17	2	0	83	13	2	2	2	3	
6	4 ans 5 mois	F	18	1	0	150	11	3	1	2	3	
7	4 ans 6 mois	F	19	0	0	123	22	4	3	4	5	
8	4 ans 4 mois	M	17	2	0	258	1	0	0	0	1	
9	4 ans 9 mois	F	19	0	0	116	1	0	0	0	0	
10	4 ans 3 mois	F	19	0	0	283	15	2	2	4	4	
11	4 ans 4 mois	F	19	0	0	79	14	2	3	2	3	
12	4 ans 5 mois	F	19	0	0	184	9	3	0	1	1	
13	4 ans 6 mois	M	15	4	11	146	12	2	1	1	5	
14	4 ans 5 mois	F	19	0	0	223	9	2	0	3	1	
15	4 ans 5 mois	F	17	2	0	173	4	1	0	1	1	
16	4 ans 2 mois	F	18	1	0	144	17	6	0	4	3	
17	3 ans 11 mois	M	18	1	0	136	4	0	0	0	3	
18	4 ans 7 mois	F	15	4	0	119	6	1	0	1	1	
19	4 ans 6 mois	M	18	1	0	288	6	0	0	2	3	
20	4 ans 6 mois	M	19	0	0	129	10	1	1	0	3	
21	4 ans 6 mois	M	19	0	0	214	14	2	1	2	4	

Min	13	0	0	0	74	1	0	0	0	0	0
Max	19	6	11	288	22	6	3	6	3	4	5
Moyenne	17,67	1,33	0,52	155,24	10,62	2,14	1,05	3,10	1,67	1,67	2,67
Ecart-type	1,65	1,65	2,40	64,24	5,51	1,62	1,12	1,67	1,35	1,35	1,46

Annexe 3 - Tableau des résultats des enfants tout-venant

Code patient	Âge au moment de la passation	Sexe	Acuité visuelle			Score total neurovisuel /30	Chemins /6	Identifier le modèle /6	Barrages /6	Carrons /6	Pareil /6	Note standard phonologie
			Succès	Omissions	Erreurs							
CF1261114	4 ans	M	7	12	2	83	0	2	0	4	57	
MF1261114	4 ans	M	12	7	0	71	3	0	4	3	57	
LP2151114	4 ans	F	10	9	2	76	2	0	0	3	86	
TH1311214	3 ans 10 mois	M	8	11	0	53	3	4	1	1	81	
AO1150314	4 ans 8 mois	M	9	10	0	77	0	1	2	2	42	
CD2131214	3 ans 11 mois	F	12	7	1	116	1	0	2	4	77	
EB2130414	4 ans 7 mois	F	14	5	0	105	1	0	0	3	73	
BL1270614	4 ans 6 mois	M	16	3	0	102	0	0	0	2	69	
LH2110914	4 ans 3 mois	F	13	6	0	139	1	2	1	3	73	
AD2310714	4 ans 4 mois	F	15	4	1	103	3	4	3	5	73	
RT1180814	4 ans 4 mois	M	18	1	0	82	5	3	3	4	85	
OL1171114	4 ans 2 mois	M	16	0	3	129	4	3	4	3	63	
AA1091014	4 ans 3 mois	M	15	4	0	105	0	2	0	1	71	
AL1110614	4 ans 8 mois	M	18	1	0	71	4	5	0	3	80	
MB1310115	4 ans 1 mois	M	18	1	9	213	1	2	2	3	69	
LD2020115	4 ans 2 mois	F	11	8	0	81	4	3	0	2	67	
MD1150215	4 ans	M	17	2	0	119	0	2	1	5	79	
ET2280115	4 ans 1 mois	F	9	10	1	102	1	4	1	2	76	

<b>Min</b>	7	0	0	0	53	4	0	1	0	0	1	42
<b>Max</b>	18	12	9	213	16	5	2	5	4	5	86	
<b>Moyenne</b>	13,22	5,61	1,06	101,50	9,17	1,83	0,39	2,67	1,33	2,94	71,00	
<b>Ecart-type</b>	3,64	3,84	2,18	35,76	3,96	1,69	0,61	1,08	1,41	1,16	11,01	

Annexe 4 - Tableau des résultats des enfants suivis en orthophonie



Normandie Université

## Corrélations entre neurovision et phonologie : étude chez des enfants de 4 ans présentant des fragilités langagières

Présenté et soutenu par

Simon GOT

### Résumé

Ces dernières années, les chercheurs ont étudié l'influence des fonctions neurovisuelles dans les troubles du langage écrit. De tels liens ne sont pas encore recherchés avec le langage oral. Toutefois, en s'intéressant aux circuits cérébraux de la voie dorsale langagière et de la voie dorsale visuelle, il apparaît que certaines zones sont allouées à ces deux fonctions. Nous avons proposé des épreuves neurovisuelles expérimentales à des enfants âgés de 3 ans 10 mois à 4 ans 9 mois, porteurs ou non d'un trouble phonologique diagnostiqué par un orthophoniste. Le langage des enfants suivis en orthophonie a préalablement été évalué grâce à la batterie CLÉA (ECPA, 2014). Nous ne retrouvons pas de résultats neurovisuels significativement plus faibles chez les enfants suivis en orthophonie. Nous n'avons pas non plus pu mettre en évidence de corrélation entre le traitement phonologique et neurovisuel. Il reste toutefois important d'évaluer un maximum de fonctions cognitives chez nos patients afin d'optimiser le développement de leur langage oral et écrit.

**Mots clés :**

fonctions neurovisuelles ; troubles neurovisuels ; phonologie ; langage oral ; trouble phonologique ; développement précoce

### Correlations between neurovision and phonology: study in 4-year-old children with language fragility

#### Summary

Since few years, searchers studied the influence of neurovisual functions in written language disorders. These types of links are not searched with oral language yet. However, looking for brain connexions between language dorsal stream and visual dorsal stream shows several areas dedicated to both functions. We submitted experimental neurovisual tests to children aged from 3 years and 10 months to 4 years and 9 months, with or without a phonological disorder diagnosed by a speech and language therapist. The language of children followed in speech therapy was previously assessed with the French language test CLÉA (ECPA, 2014). Results didn't show significantly lower neurovisual results in children followed in speech therapy. They didn't show any correlation between phonological and neurovisual processing either. It remains important to assess a maximum of cognitive functions in patients, to optimize the development of their oral and written language.

**Key words:**

neurovisual functions ; neurovisual disorders ; phonology ; oral language ; phonological disorder ; early development

### Mémoire dirigé par Frédéric PASQUET et Laurence ROSIERE

Centre de Recherches sur les Fonctionnements et Dysfonctionnements Psychologiques (CRFDP, EA 7475), Université de Rouen Normandie

