

UNIVERSITE PAUL SABATIER / TOULOUSE III  
FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE RANGUEIL  
ENSEIGNEMENT DES TECHNIQUES DE READAPTATION

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Certificat de Capacité  
d'Orthophonie**

**Impact d'un entraînement informatisé intensif  
de l'inhibition des interférences sur les  
compétences en lecture d'enfants normo-  
lecteurs de CE1.**

**Laura BEDOYA & Audrey ROZIERE**

Maîtres de mémoire : Florence LIAUNET

Franck MEDINA

Juin 2016

## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons tout d'abord à remercier toutes les personnes qui ont participé à notre étude : les enseignantes, Myriam, Véronique, Fanny, Estelle et Nicole, pour leur aide, leur disponibilité et l'intérêt qu'elles ont pu porter à notre mémoire, les parents pour leur soutien et leur implication quotidienne, et les enfants pour leur assiduité et leur motivation à toute épreuve.

Nous témoignons aussi notre reconnaissance à Florence Liaunet et Franck Médina pour avoir accepté de nous encadrer, pour leur aide précieuse et leurs conseils avisés.

Nos remerciements s'adressent également à Thomas, pour son partage de connaissances dans le domaine des statistiques, ses propositions éclairées et ses explications.

Merci aussi à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont pu participer à nos réflexions et nous apporter un éclairage nouveau ou un intérêt particulier.

Enfin, ce mémoire n'aurait pas été possible sans la formidable complémentarité de notre binôme !

## SOMMAIRE

---

<b>Remerciements</b> .....	2
<b>Synthèse</b> .....	5
<b>Introduction</b> .....	10
<b>La lecture</b> .....	13
I. Un modèle d'identification des mots écrits : le modèle à double voie de Coltheart.....	13
II. Les traitements visuo-attentionnels spécialisés dans la lecture.....	15
III. Localisations neurologiques de la lecture.....	16
IV. Les prérequis nécessaires à l'apprentissage de la lecture.....	18
V. Les facteurs prédictifs.....	19
VI. Les difficultés d'apprentissage.....	21
<b>Les fonctions exécutives</b> .....	24
I. Présentation générale.....	24
II. Modèles théoriques des fonctions exécutives.....	30
III. Le rôle des fonctions exécutives dans les apprentissages.....	31
IV. L'inhibition.....	34
<b>Problématique et hypothèses</b> .....	43
<b>Matériel et méthode</b> .....	45
I. Objectif de l'étude.....	45
II. Présentation de la population.....	46
III. Protocole de test.....	50
IV. Protocole d'entraînement avec le logiciel Inhipido ©.....	57
<b>Analyse des résultats</b> .....	67
I. Analyse du lien entre les scores en lecture et en inhibition avant entraînement.....	67
II. Analyse du lien entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition.....	74
III. Analyse du lien entre les progrès réalisés en précision et en inhibition.....	81
<b>Discussion</b> .....	86
I. Synthèse des résultats selon nos objectifs et hypothèses.....	86

II. Difficultés rencontrées .....	88
III. Réflexions méthodologiques sur notre étude .....	90
<b>Conclusion</b> .....	<b>95</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>98</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>106</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>126</b>
<b>Table des illustrations</b> .....	<b>131</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>133</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>133</b>

# SYNTHÈSE

---

## **IMPACT D'UN ENTRAINEMENT INFORMATISE INTENSIF DE L'INHIBITION DES INTERFERENCES SUR LES COMPETENCES EN LECTURE D'ENFANTS NORMO-LECTEURS DE CE1**

Mémoire soutenu par Laura BEDOYA & Audrey ROZIERE

Dirigé par Florence LIAUNET et Franck MEDINA

Faculté de Médecine de Toulouse Rangueil - Juin 2016

### **INTRODUCTION DE LA PROBLÉMATIQUE**

Parmi les compétences et mécanismes cognitifs, aussi nombreux que variables, qui entrent en jeu lors de l'apprentissage de la lecture, notre intérêt s'est porté, dans cette étude, sur le versant exécutif. En effet, d'après plusieurs auteurs, les fonctions exécutives, nécessaires à l'exécution et à la gestion de comportements finalisés mis en œuvre dans des situations complexes et nouvelles, semblent jouer un rôle essentiel dans la tâche de lecture. Souhaitant mettre en évidence ce fonctionnement, nous nous sommes intéressées particulièrement au cas des lecteurs débutants, en partant du constat suivant : si pour un enfant en classe de CE1, la lecture n'est pas encore automatisée (et peut alors être considérée comme une activité complexe et nouvelle), alors elle doit solliciter d'autant plus fortement les fonctions exécutives.

Parmi ces fonctions, qui contrôlent et régulent les autres activités cognitives, il nous a semblé nécessaire de n'en sélectionner qu'une seule, afin de pouvoir l'isoler et juger le plus précisément possible de son rôle. Nous avons donc examiné attentivement les fonctions exécutives décrites dans les recherches actuelles, et, au cours de nos explorations, il nous est apparu qu'une en particulier semblait jouer un rôle démontré dans l'activité de lecture : la fonction d'inhibition. C'est alors sur celle-ci que nous avons pris le parti de porter toute notre attention. Afin de mettre en évidence son implication dans la lecture, nous nous sommes interrogées : dans quelle mesure un entraînement de cette fonction, et donc son amélioration, pourrait faciliter l'apprentissage de la lecture, en termes de vitesse et de précision, des enfants normo-lecteurs de CE1 ? Plus précisément, nous nous sommes questionnées, dans un premier temps, sur l'existence d'un lien entre le niveau initial de lecture d'un enfant et son niveau en inhibition. Dans un second temps, nous nous sommes

demandé si les progrès réalisés en inhibition, grâce à l'entraînement proposé, entraîneraient également une amélioration des performances en lecture. Autrement dit, une corrélation serait-elle observable entre les progrès réalisés en inhibition et vitesse d'une part, et en inhibition et précision d'autre part ?

## MÉTHODOLOGIE

Pour mettre en évidence le rôle de la fonction d'inhibition dans la lecture, nous avons choisi de travailler auprès d'enfants normo-lecteurs scolarisés en classe de CE1, présumant que chez ces débutants, les fonctions exécutives étaient d'autant plus sollicitées. L'objectif était alors de mettre en lumière un lien entre les performances en lecture, et les performances dans des tâches mettant en jeu la fonction d'inhibition. Pour cela, nous avons souhaité apprécier le niveau initial des enfants dans ces deux domaines, puis leur évolution suite à un protocole d'entraînement de la fonction d'inhibition.

Notre étude s'est déroulée en plusieurs grandes étapes. D'abord, nous avons sollicité les inspecteurs académiques, les institutrices et les directrices d'école afin d'obtenir les autorisations nécessaires à notre intervention au sein des écoles. Nous avons ensuite choisi des critères pour notre population, puis avons élaboré un questionnaire à l'intention de classes de CE1 pour sélectionner les enfants correspondants et notre protocole a pu débuter. Nous avons rencontré chaque enfant, individuellement, à trois reprises, et à chaque fois, nous avons testé le niveau de lecture (en termes de vitesse et de précision) sur des épreuves de lecture de texte, de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots, ainsi que le niveau d'inhibition de chacun à l'aide de 3 épreuves aux modalités différentes. Cette évaluation a été effectuée à partir de tests sélectionnés et adaptés à nos besoins, et d'une épreuve totalement élaborée pour répondre à nos attentes. Grâce aux résultats du bilan initial, nous souhaitions comparer les scores d'inhibition des enfants ayant obtenu les meilleurs résultats en lecture (les « meilleurs lecteurs ») à ceux des enfants ayant obtenu des résultats inférieurs (les « moins bons lecteurs »). Cette analyse devait nous permettre de savoir si un lien pouvait être mis en évidence entre les performances en lecture et les performances en inhibition (les meilleurs lecteurs étaient-ils également les meilleurs inhibiteurs ?), ou s'il n'existait, en fait, pas de corrélation évidente, chez ces enfants, entre les niveaux initiaux de lecture et d'inhibition. Entre 2 sessions de bilans, une période d'entraînement de l'inhibition a été programmée : entre le premier et le deuxième bilan pour la moitié des enfants, et entre le deuxième et le dernier bilan pour l'autre moitié. Cette répartition, effectuée à la façon d'un essai croisé, nous a permis de comparer un groupe entraîné à un groupe témoin, en nous assurant toutefois que chaque enfant, de manière équitable, recevait finalement le même traitement. L'objectif de ces exercices était

d'améliorer les capacités d'inhibition des enfants, afin d'observer par la suite si, avec la progression de cette fonction, une évolution positive était également notable dans les performances évaluées en lecture. Ainsi, nous espérons mettre en évidence une corrélation positive entre les progrès réalisés dans les tâches requérant l'inhibition d'une part, et les progrès réalisés en termes de vitesses et/ou de précision en lecture d'autre part.

## RÉSULTATS

L'objectif de ce mémoire de recherche était de mettre en lumière le fait qu'améliorer la fonction d'inhibition d'enfants apprentis-lecteur (à l'aide d'un entraînement adapté) pourrait leur prodiguer un bénéfice et donc leur permettre d'acquérir une lecture plus rapide et plus précise. Notre protocole de recherche a été mené auprès de 32 enfants normo-lecteurs scolarisés en CE1, dont 22 l'ont réalisé intégralement. Nous avons pu en tirer les conclusions suivantes.

**PREMIÈRE HYPOTHÈSE – Nous supposons que les résultats aux épreuves de lecture et d'inhibition avant entraînement sont corrélés : les performances d'inhibition des meilleurs lecteurs sont supérieures à celles des moins bons lecteurs.**

Les résultats analysés ne nous permettent pas de valider cette hypothèse. En effet, nous n'avons pu démontrer l'existence d'une corrélation évidente entre le niveau de lecture des enfants de CE1 (en termes de vitesse et de précision) et leur niveau d'inhibition. Ce n'est pas parce qu'un enfant lit de manière plus précise ou plus rapide qu'il est un meilleur inhibiteur, et inversement.

**DEUXIÈME HYPOTHÈSE – Nous supposons que si l'on permet une amélioration de sa fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la vitesse de lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.**

À partir des résultats que nous avons étudiés, nous avons pu tirer deux conclusions essentielles. D'une part, aucune corrélation entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition n'a pu être mise en évidence. Ensuite, les progrès accomplis en vitesse de lecture ne semblent pas liés à la réalisation de l'entraînement de l'inhibition, puisque les enfants non-entraînés n'ont pas significativement moins progressé que les enfants entraînés. Cette amélioration pourrait donc davantage être en lien avec l'évolution naturelle du niveau de lecture des enfants de CE1. Ainsi, notre deuxième hypothèse ne peut être validée.

**TROISIÈME HYPOTHÈSE – Nous supposons que si l'on permet une amélioration de la fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la précision en lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.**

De nouveau, deux déductions ont été faites à partir de l'étude des résultats recueillis. D'abord, nous n'avons pas pu mettre en évidence la présence d'une corrélation entre les progrès réalisés en précision et en inhibition. Enfin, les progrès accomplis en précision ne semblent pas liés à la réalisation de l'entraînement de l'inhibition, puisque les enfants non-entraînés n'ont pas significativement moins progressé que les enfants entraînés. Cette amélioration pourrait donc plutôt être attribuée, encore une fois, à la l'évolution naturelle du niveau de lecture des enfants de CE1. Cette dernière hypothèse ne peut donc pas non plus être validée.

## **DISCUSSION – CONCLUSION**

Les résultats présentés ci-dessus doivent être considérés avec mesure du fait de plusieurs éléments. D'abord, comme nous l'avons vu, notre analyse a démontré que, pour la vitesse et la précision, les progrès réalisés n'étaient pas secondaires à l'entraînement proposé, et seraient donc plutôt la conséquence de la progression naturelle des enfants normo-lecteurs. Ainsi, l'entraînement choisi n'était probablement pas adapté à l'attente que nous en avons, et il pourrait être intéressant d'utiliser un protocole d'amélioration de l'inhibition plus proche de l'activité de lecture. Ensuite, les tests utilisés pouvaient présenter des lacunes, notamment vis-à-vis de la fiabilité de l'évaluation des performances en inhibition. Enfin, au vu du faible échantillon présenté, les résultats énoncés ne peuvent être généralisés. Ainsi, il semble que, malgré nos résultats, nous ne puissions pas remettre totalement en question le rôle de l'inhibition des interférences dans les apprentissages. En effet, la notion de fonctions exécutives reste relativement nouvelle, et les recherches n'en sont qu'à leurs prémices. Aussi, de plus en plus d'orthophonistes semblent sensibilisés à leur rôle et leur accordent une place dans la remédiation thérapeutique.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Altemeier, L.E., Abbott, R.D., and Berninger, V.W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *J Clin Exp Neuropsychol* 30, 588–606.

Bargue, S. (2013). Etude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2.

Boujon, C. (2002). L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition.

Boulc'h, L., Gaux, C., and Boujon, C. (2007). Implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture : étude comparative entre normolecteurs et faibles lecteurs de CE2. *Psychologie Française* 52, 71–87.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256.

Dempster, F.N., and Corkill, A.J. (1999). Interference and Inhibition in Cognition and Behavior: Unifying Themes for Educational Psychology. *Educational Psychology Review* 11, 1–88.

Friedman, N.P., and Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *J Exp Psychol Gen* 133, 101–135.

Gernsbacher, M.A. (1993). Less Skilled Readers Have Less Efficient Suppression Mechanisms. *Psychological Science* 4, 294–298.

Meulemans, T., Collette, F., and Van Der Linden, M. (2004). *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (Marseille : Solal).

## INTRODUCTION

---

Durant le cours préparatoire, l'enfant fait ses tout premiers pas dans l'apprentissage de la lecture. Dès lors, il commence à prendre conscience du lien qui existe entre l'oral et l'écrit – entre phonèmes et graphèmes – à travers le décodage et l'identification de mots. Mais c'est en classe de CE1 principalement que cet apprentissage s'intensifie, notamment à travers la lecture de textes, marquant ainsi l'évolution de l'enfant vers l'acquisition des compétences nécessaires à la compréhension de ce qu'il lit. Il faut savoir, toutefois, qu'à ce stade de l'apprentissage, la lecture n'est pas encore une activité automatisée. Elle requiert donc une charge cognitive importante : nombreux et variables sont alors les compétences et les mécanismes cognitifs qui entrent en jeu.

Afin de mieux appréhender leur complexité, il convient de resituer l'outil théorique principal sur lequel nous nous appuyons. Il s'agit du modèle à double voie de Coltheart (1978). Il a l'avantage de mettre en évidence l'utilisation parallèle de plusieurs processus de lecture chez le normo-lecteur. Grâce aux apports de ce modèle, mais également par l'approfondissement des rouages cognitifs qui sous-tendent la capacité d'identification des mots au cours de l'apprentissage de la lecture, nous avons découvert que cette activité nécessitait la mise en œuvre de compétences complexes. Parmi celles-ci, notre intérêt s'est rapidement porté sur le versant exécutif.

Les fonctions exécutives sont généralement définies comme étant les fonctions permettant l'adaptation à la nouveauté, la planification et la mise en œuvre de stratégies nouvelles, le contrôle de l'action, la capacité à tenir compte de l'environnement pour ajuster et adapter une réponse et la capacité d'inhibition des informations non pertinentes. Entre toutes ces fonctions, c'est cette dernière, l'inhibition, qui a piqué notre curiosité, notamment suite à la lecture d'un mémoire d'orthophonie. En effet, si pour préciser notre idée du fonctionnement exécutif, nous nous sommes basées sur les travaux de Miyake et al. (2000), c'est le mémoire de Bargue (2013) qui a justifié notre intérêt poussé pour la fonction d'inhibition. Suite à son travail de recherche, elle est parvenue à démontrer que l'entraînement de cette fonction et de la flexibilité chez des enfants dyslexiques de CM2 permettait une progression significative de leurs performances en lecture (en termes de compréhension écrite, décodage et vitesse). Ce travail n'était, néanmoins, pas un précurseur : avant elle, d'autres auteurs, tels qu'Altemeier (2008) ou encore Boulc'h et al. (2007), avaient déjà mis en évidence le lien étroit qui existe entre les fonctions exécutives, et notamment la fonction d'inhibition, et la lecture. En effet, d'après eux, les capacités d'inhibition contribueraient et

seraient corrélées au développement du langage écrit et des mécanismes de lecture. Ainsi, l'inhibition, aujourd'hui considérée comme la première fonction exécutive, et placée au centre du développement cognitif de l'enfant par plusieurs auteurs, nous a semblé être particulièrement intéressante à analyser.

Pour mettre en évidence son rôle dans la lecture, nous avons choisi de travailler auprès d'enfants normo-lecteurs scolarisés en classe de CE1. Nous avons présumé que chez ces débutants, les fonctions exécutives étaient d'autant plus sollicitées, puisqu'elles sont nécessaires à l'exécution et à la gestion de comportements finalisés mis en œuvre dans des situations complexes et nouvelles (caractéristiques que présente la lecture pour l'apprenti lecteur). Souhaitant étudier l'implication réelle de la fonction d'inhibition dans la lecture, nous nous sommes alors interrogées : dans quelle mesure un entraînement de cette fonction, et potentiellement son amélioration, pourrait faciliter l'apprentissage de la lecture, en termes de vitesse et de précision, des enfants normo-lecteurs de CE1 ?

Plus précisément, nous nous sommes d'abord questionnées sur la présence d'un lien entre le niveau initial de lecture d'un enfant et son niveau en inhibition. Puis nous nous sommes demandé si les progrès réalisés en inhibition, grâce à l'entraînement proposé, entraîneraient également une amélioration des performances en lecture. Autrement dit, une corrélation serait-elle observable entre les progrès réalisés en inhibition et vitesse d'une part, et en inhibition et précision d'autre part ?

Pour répondre à ces questions, nous avons souhaité apprécier le niveau initial des enfants en lecture, et en inhibition, puis leur évolution dans ces deux domaines suite à un protocole d'entraînement de la fonction d'inhibition. Notre étude s'est alors déroulée en plusieurs grandes étapes. D'abord, nous avons conçu un protocole de test permettant d'analyser d'une part les performances en lecture des enfants, sur le plan de la vitesse et de la précision, et d'autre part leurs capacités d'inhibition. Nous l'avons réalisé à partir d'outils existants, que nous avons adaptés à nos besoins, et une épreuve a été totalement élaborée pour répondre à nos attentes. Ensuite, nous avons défini le cadre d'un entraînement à réaliser à domicile, se voulant intensif et ciblé sur la fonction d'inhibition. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel Inhipido ©. Il nous a permis de proposer aux enfants un support ludique (notamment parce qu'informatisé), à utiliser à la maison : des « jeux » à réaliser 4 à 5 fois par semaine durant 4 semaines. Enfin, pour sélectionner les enfants participant à l'étude, nous avons pris contact avec les enseignantes de quatre écoles. Grâce à leur collaboration, nous avons pu entrer en lien avec les parents des élèves de CE1, et leur transmettre un questionnaire nous permettant d'écarter les enfants ne correspondant pas aux critères de l'étude. Dès lors, nous avons pu réunir un échantillon composé de 32 enfants

normo-lecteurs prêts à participer à notre expérimentation, parmi lesquelles 22 ont finalement réalisé le protocole dans son intégralité (c'est-à-dire évaluations et entraînement).

Dans une première grande partie, nous ferons un point sur les notions théoriques essentielles de notre travail : la lecture et les fonctions exécutives, et plus précisément la fonction d'inhibition. Ensuite, nous présenterons les aspects plus pratiques de notre étude (la population, le protocole de test, d'entraînement) et ses résultats. Ainsi, nous pourrons conclure en apportant des réponses à nos différents questionnements.

# LA LECTURE

---

Pour aborder le fonctionnement de la lecture, nous nous appuyons sur un modèle d'identification des mots écrits qui met en évidence l'utilisation concomitante de plusieurs processus de lecture chez le normo-lecteur. Ces travaux basés sur les neurosciences s'inscrivent dans une démarche cognitiviste. Également, nous verrons que de nombreuses zones cérébrales sont activées lors de la lecture, ce qui reflète la diversité des compétences sous-tendant cette activité.

## I. Un modèle d'identification des mots écrits : le modèle à double voie de Coltheart

Le modèle de lecture à double voie, décrit pour la première fois en 1978 puis en 2000 par Coltheart, reste une approche de référence. Nous l'avons choisi pour son intérêt dans la compréhension des mécanismes cognitifs impliqués dans la lecture. Notons aussi qu'il permet d'appréhender les troubles relatifs à la lecture, notamment les dyslexies développementales. Pour autant, ce modèle fut créé à partir de l'observation des déficits acquis, consécutifs à des atteintes cérébrales chez l'adulte. En effet, dans les dyslexies acquises, a été mise en évidence une double dissociation : certains adultes cérébro-lésés ne parvenaient pas à lire les mots réguliers ou les pseudo-mots mais étaient capables de lire les mots irréguliers, et inversement pour d'autres, beaucoup d'erreurs de régularisation étaient retrouvées lors de lecture de mots irréguliers. De cela émergea la conception des deux voies de lecture. Par ailleurs, une des particularités des modèles issus de la psychologie cognitive comme celui de Coltheart, est l'existence supposée d'un lexique mental, qui correspond à la représentation dans notre mémoire des informations phonologiques, orthographiques et sémantiques relatives aux mots.

Cette modélisation théorique s'articule donc autour de deux procédures de reconnaissance des mots.

D'une part, la **procédure lexicale**, ou dite d'adressage, associe directement la forme orthographique du mot à sa forme phonologique, par une reconnaissance analytique d'indices visuels pertinents, sans passer par la correspondance grapho-phonémique. Son sens est également associé si le mot est présent dans le système sémantique. Cette procédure est possible grâce au lexique orthographique interne dans lequel sont

engrammées ces formes orthographiques. Seul cet accès direct permet d'expliquer que les mots irréguliers tels que « chorale » ou « monsieur » soient lus correctement et que les mots familiers soient plus rapidement identifiés que les mots nouveaux ou rares. Cependant, cette voie directe d'accès au mot ne permet pas de lire les mots inconnus (Coltheart, 2001).

D'autre part, la **procédure phonologique**, ou d'assemblage, s'empare des informations graphémiques pour les transformer en informations phonologiques grâce aux règles de conversion grapho-phonémique. Ainsi, il s'agit d'un traitement séquentiel du mot où les graphèmes sont analysés les uns après les autres et les phonèmes leur sont associés. Cette voie indirecte de lecture permet de lire des mots qui ne sont pas encore stockés dans notre lexique mental, qu'il s'agisse de mots nouveaux, peu familiers ou de pseudo-mots. Les mots irréguliers, en revanche, ne peuvent pas être reconnus par cette procédure (Coltheart, 2001).

Ces deux voies de lecture sont **complémentaires et œuvrent en parallèle** chez le lecteur dit expert. La procédure phonologique est considérée comme la voie la plus lente, de par le travail de correspondance grapho-phonémique nécessaire à la lecture, contrairement à la procédure lexicale, plus rapide, de par son accès direct à la forme phonologique du mot reconnu. (Mazeau & Pouhet, 2014)

La voie d'assemblage, qui est d'abord utilisée par le lecteur débutant, construit et enrichit le lexique orthographique et développe ainsi la voie d'adressage qui devient prédominante chez le lecteur expert. Ce dernier présente alors une lecture automatisée. L'entrée préférentielle dans la lecture par voie lexicale correspond à une lecture courante et se produit généralement entre la mi-CE1 et la fin du CE2. (Mazeau & Pouhet, 2014).

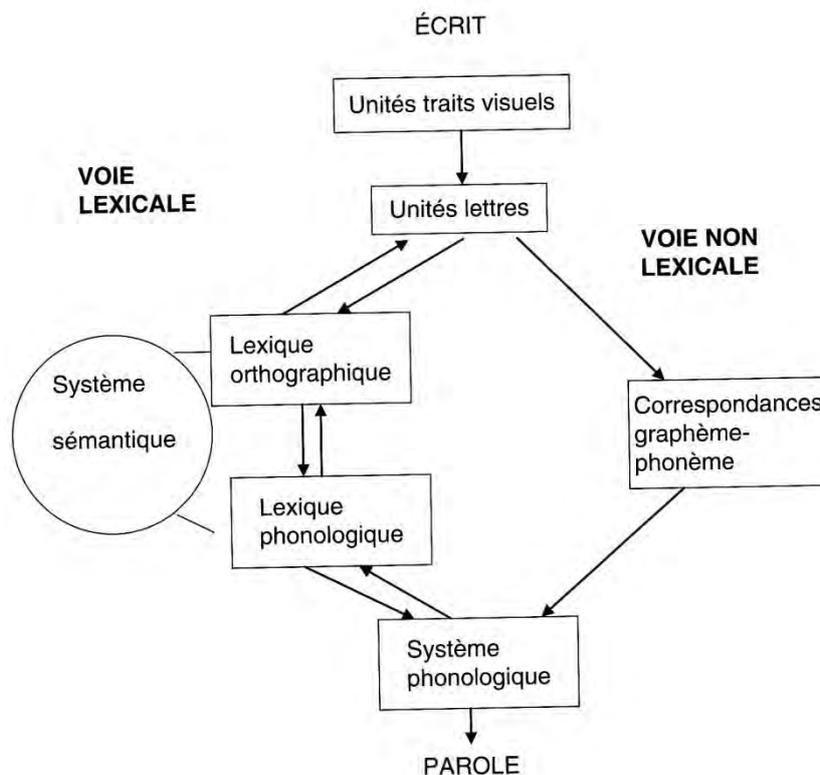


FIGURE 1 : Modélisation des deux procédures de lecture. Casalis (2013).  
 Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant. Issy-les-  
 Moulineaux: Elsevier Masson.

## II. Les traitements visuo-attentionnels spécialisés dans la lecture

En amont de ces deux procédures décrites par Cotheart, Bedoin (2015) explique le rôle des traitements visuo-attentionnels élémentaires. Plusieurs opérations sont réalisées par le système de traitement visuel spécialisé pour la lecture :

- **Le groupement des lettres du mot** : il s'agit de sélectionner visuellement un sous-ensemble de lettres sur une ligne pour les considérer comme constituant un mot (ceci pour empêcher des déplacements de lettres entre des mots proches).
- **L'identification des lettres du mot** : il s'agit d'un codage sous une forme abstraite, indépendante de la casse et de la police. Ce traitement perceptif élémentaire est visuo-orthographique, donc spécifique au matériel écrit.
- **L'encodage de leur position** : il s'agit d'un codage spatial indispensable déterminant la position relative de chaque lettre, évitant ainsi les confusions de type

« loin », « lion ». Egalement, deux modes d'analyse visuelle sont nécessaires à l'identification d'un mot : un mode local, qui identifie les lettres (traitement de l'identité du détail), et un mode global qui distingue leur organisation spatiale (traitement de la configuration globale). Ces deux modes doivent être correctement articulés

Ces processus visuo-attentionnels conjugués aux voies d'adressage et d'assemblage assurent une lecture efficiente.

### **III. Localisations neurologiques de la lecture**

La lecture fait donc intervenir principalement deux mécanismes cognitifs de manière concomitante, associés à un traitement visuo-attentionnel particulier. Au niveau anatomique, cette invention culturelle relativement récente a nécessité le « recrutement d'aires cérébrales jusqu'alors consacrées à d'autres activités » (Plaza & Raynaud, 2007). En effet, à travers les siècles, le cerveau humain et l'écriture se sont adaptés l'un à l'autre. Sous l'effet de l'environnement et de l'apprentissage, les neurones ont été, d'une part réorientés (Dehaene et al. en 2010 parlent de « recyclage neuronal », les neurones dédiés à la lecture servaient initialement à la reconnaissance des formes), et d'autre part, l'écriture s'est ajustée pour tenir compte des particularités du cerveau humain (Dehaene, 2007).

A cette activité particulière qu'est la lecture, est associée une zone cérébrale particulière, révélée pour la première fois par le neurologue Déjerine, professeur agrégé et médecin de l'hospice de Bicêtre. Il donnera le nom de « cécité verbale pure » (que nous connaissons aujourd'hui sous le nom d'alexie) à cette pathologie dont est atteint monsieur C. en 1887, alors soudainement incapable de lire mais aucunement atteint de trouble visuel. Il procédera en 1892, lors du décès de monsieur C., à son autopsie qui révélera une atteinte exclusive de l'hémisphère gauche et particulièrement de la région occipitale (région de la vision). Il localise alors le « centre visuel des lettres » dans le gyrus angulaire (zone à la base de la région pariétale gauche), il est le premier à localiser une zone qui serait dédiée à la lecture dans le cerveau humain (Dehaene, 2007).

De nos jours, grâce aux techniques d'imagerie cérébrale par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), il est possible d'approfondir ces connaissances et d'avoir un aperçu du trajet de l'information lue.

Après la réception de l'information par les aires visuelles (zone occipitale) dans l'hémisphère controlatéral à l'information, l'hémisphère gauche est sollicité, et plus particulièrement l'aire temporale, consacrée au traitement du langage oral. Cette zone temporale inférieure

gauche, située au niveau du gyrus fusiforme de l'hémisphère gauche, est la région du traitement de la forme visuelle des mots, soit l'aire 37 de Brodmann (Cohen et al., 2000 ; Habib, 2014).

L'information va ensuite se diriger vers les gyrus supra-marginal (aire 40) et angulaire (aire 39), ces zones pariéto-temporales sont impliquées dans la mise en relation des informations visuelles et phonologiques au cours de cette activité de lecture.

En suivant, l'information atteint les aires 44 et 45 du lobe frontal (qui forment l'aire de Broca, connue pour son rôle dans la production du langage).

Deux circuits, avec un point de départ commun, semblent alors coexister (Habib, 2014) :

1. La **voie dorsale** qui relie l'aire de la forme visuelle des mots aux aires 39 et 40, permet le processus de conversion grapho-phonémique.
2. La **voie ventrale** qui relie l'aire de la forme visuelle des mots aux aires 44 et 45 (aire de Broca), est le siège de la reconnaissance globale des mots chez le lecteur expert.

La voie dorsale est davantage sollicitée au départ de l'apprentissage puis, la voie ventrale se développant au cours des lectures, cette dernière prédomine progressivement.

Une fois que le mot est vu, qu'il est apparu sur la rétine, les régions cérébrales activées sont celles du langage en général, du sens, elles ne sont plus spécifiques à la lecture (Dehaene, 2007). La dernière zone propre à la lecture serait la région occipito-temporale gauche, quel que soit le système d'écriture et sa direction.

Pour Cohen et Dehaene (2007), cette région est « presque toujours atteinte chez les patients alexiques ». Selon eux, le gyrus fusiforme gauche, initialement sollicité par l'ensemble des stimuli visuels, se spécialiserait progressivement pour la reconnaissance des stimuli écrits. Il s'agit de la zone clé pour l'analyse visuelle des mots, permettant l'analyse de la forme visuelle des lettres, leur reconnaissance et leur assemblage en mot. L'analyse faite initialement par Déjerine ne se révèle alors pas totalement exacte.

Plusieurs régions interviendraient donc dans le processus de lecture : les régions occipito-temporales particulièrement, pour la reconnaissance de la forme visuelle des mots, en lien avec les zones du langage.

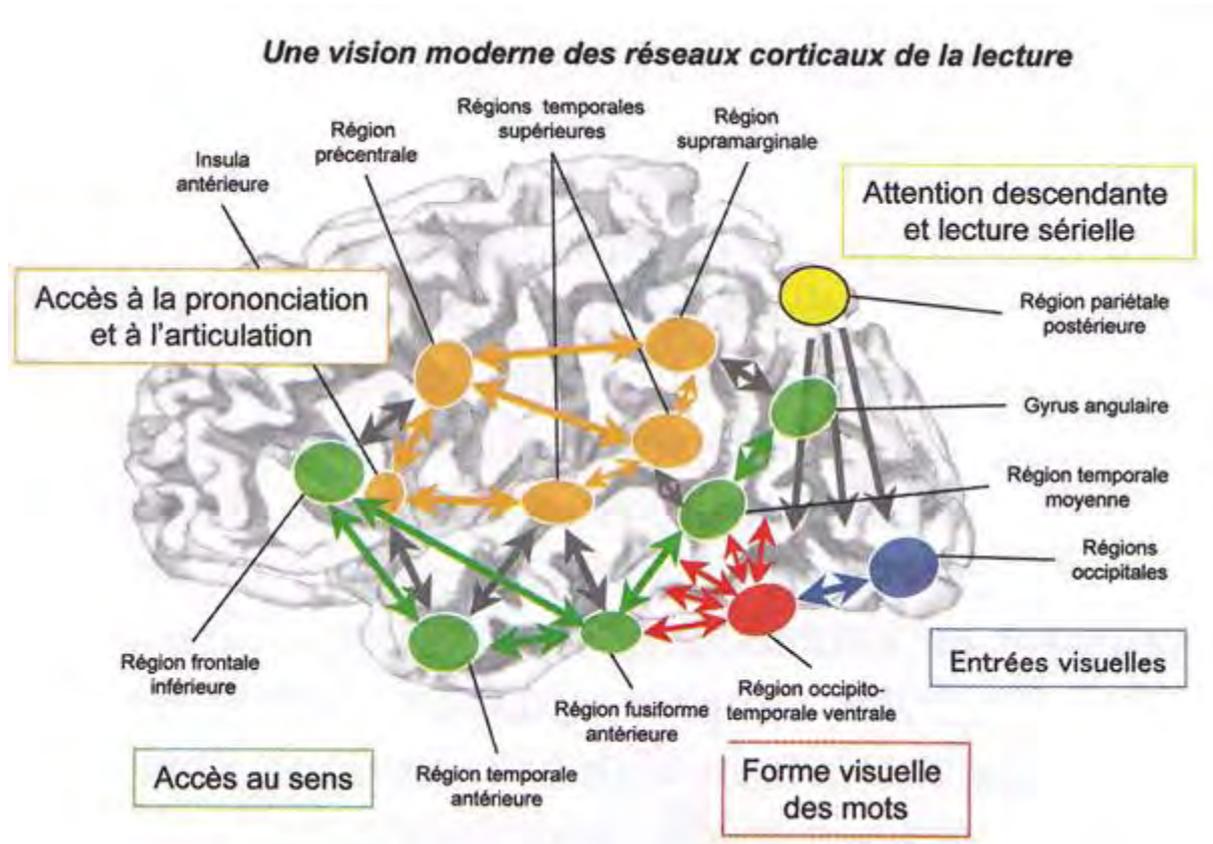


FIGURE 2 : Les réseaux impliqués dans la lecture. Dehaene (2007). *Les neurones de la lecture*; préface de Jean-Pierre Changeux. Paris: Odile Jacob.

#### IV. Les prérequis nécessaires à l'apprentissage de la lecture

Cet éclairage sur les processus de lecture et sur les zones d'activation cérébrale montre bien la complexité du mécanisme ainsi que l'aspect multiple et diversifié des compétences essentielles à la lecture. En effet, cette activité fait appel à de nombreux processus cognitifs tels que le traitement de l'information visuelle, auditive, phonologique mais aussi sémantique. Pour y accéder, des compétences préalables sont nécessaires. Ces prérequis participent à la bonne acquisition du langage écrit.

Il s'agit, d'une part, du **développement linguistique** (Dehaene, 2007). En effet, le lexique, la syntaxe, les capacités métalinguistiques, phonologiques (notamment pour différencier les sons proches) et sémantiques contribuent fortement au processus d'apprentissage de la lecture (Sprenger-Charolles & Colé, 2013).

D'autre part, les **compétences cognitives** telles que les capacités attentionnelles et exécutives, le raisonnement, les compétences de repérage spatio-temporel sont nécessaires à cet apprentissage, tout comme les différents types de mémoire (visuelle, auditivo-verbale,

de travail) qui permettent de retenir les graphèmes le temps de les fusionner pour obtenir une représentation phonologique (Mazeau & Pouhet, 2014).

Aussi, l'intégrité sensorielle (l'audition et la vision) ainsi que les aptitudes psychomotrices comme le schéma corporel, la latéralité, permettent l'entrée dans la lecture. Les **habiletés visuelles** telles que le contrôle, l'attention et la discrimination visuels ainsi que les capacités oculomotrices sont nécessaires pour adapter la stratégie du regard selon les caractéristiques graphiques (typographie, présentation du texte), pour calibrer les saccades (Mazeau & Pouhet, 2014) et pour focaliser les informations dans la zone fovéale (Muneaux & Ducrot, 2014). Cette zone centrale de la rétine permet l'identification des mots. Associée au traitement parafovéal, plus large que le traitement fovéal et permettant de guider l'œil dans ses déplacements et ses fixations, elle assure un traitement efficace du matériel graphique à décoder. Au début de l'apprentissage de la lecture, l'œil effectue de nombreux déplacements pour traiter le mot dans son intégralité en partant des premières lettres, et progressivement, le lecteur trouve la position optimale du regard. Les lecteurs experts positionnent leur œil à mi-chemin entre le début et le milieu du mot (O'Regan et al., 1984 ; Rayner, 1979). Dès le premier trimestre de CP, cette position se met en place (Aghababian & Nazir, 2000 ; Ducrot et al., 2004).

Une certaine **maturité intellectuelle et psycho-affective** est également requise pour entrer dans la lecture. L'enfant, en plus d'avoir une appétence pour cet apprentissage, doit avoir accès à la symbolique et faire preuve de capacités d'abstraction. L'environnement socio-culturel peut, d'une part, contribuer à cette maturité et d'autre part, faire émerger et nourrir cette appétence.

Les compétences citées ci-dessus sont des prérequis permettant de manière générale l'entrée dans la lecture et son apprentissage.

## **V. Les facteurs prédictifs**

Outre les compétences servant de socle à l'apprentissage de la lecture, il existe des prédicteurs des capacités futures en lecture. L'apprentissage de la lecture commence avant le CP au travers du langage oral et de l'exposition aux mots écrits. Les enfants acquièrent naturellement des connaissances qu'ils appliquent spontanément, il existe donc une forme de sensibilité précoce à l'écrit, qui correspondra au point d'ancrage des acquisitions à venir en langage écrit (Ecalte & Magnan, 2010).

Des études ont montré que la **connaissance du nom des lettres** (en grande section de maternelle et début CP) est un puissant prédicteur du niveau ultérieur de lecture (Foulin, 2007 ; Mazeau & Pouhet, 2014).

Aussi, la capacité à dénommer les lettres rapidement et automatiquement semble être un facteur important pour le développement de la lecture (Ecalte & Magnan, 2010).

D'autres auteurs (Scarborough, 2001; Schatschneider et al., 2004) incluent dans ces variables de prédiction des performances ultérieures d'identification de mots, les capacités de **dénomination rapide**. Elles prédisent la fluence en lecture et le niveau de lecture par voie lexicale à venir.

Aussi, Gombert et Colé (2000) ainsi que Scarborough (2001), considèrent que le **niveau d'habiletés phonologiques** évalué dès la maternelle est un bon prédicteur de la réussite à venir en lecture. Sprenger-Charolles et Colé (2013) déclarent que « parmi les capacités d'analyse phonologique, les meilleurs prédicteurs de l'apprentissage de la lecture sont les **capacités d'analyse phonémique** » bien que ce ne soient pas celles qui soient le plus développées avant l'apprentissage de la lecture.

La **mémoire à court terme phonologique** serait également une variable qui prédirait le niveau ultérieur de lecture selon Scarborough (2001) et Sprenger-Charolles et Colé (2013) car elle est reliée aux capacités de conversion grapho-phonémique.

Ces différentes variables permettraient de pronostiquer précocement les enfants « à risque » pour cet apprentissage, avec une fiabilité de l'ordre de 80 % (Sprenger-Charolles & Colé, 2013)

Par ailleurs, Elbro et Scarborough (2004) indiquent que ce sont spécifiquement les **compétences langagières précoces** qui prédisent le devenir en lecture même si le développement des habiletés langagières ne suit pas une progression linéaire. Ils affirment par ailleurs que l'environnement dans lequel évolue l'enfant est moins fortement relié au futur niveau de lecture que ne le sont les habiletés linguistiques, mais que le fait d'avoir des parents avec des difficultés de lecture est un facteur de risque.

En outre, Valdois (2010) a démontré, à travers son étude, l'influence de l'**empan visuo-attentionnel** (EVA), défini comme le « nombre d'unités orthographiques distinctes qui peuvent être identifiées en une seule fixation » (Bosse et al., 2007). Elle conclut que l'empan visuo-attentionnel, évalué en grande section de maternelle, prédit les futures performances en lecture (qu'on apprécie en termes de qualité ou de vitesse). Cet empan augmente tout au long du primaire et sa contribution en lecture est dissociée des capacités de traitement

phonologique, du niveau d'efficacité intellectuelle et de l'aptitude à reconnaître les lettres isolées. Cette corrélation entre la lecture et l'EVA se retrouve dès le début de l'apprentissage de la lecture, reste stable pendant le primaire et est fortement marquée pour les mots irréguliers.

D'autres auteurs (Plaza & Cohen, 2007) placent les **capacités d'attention visuelle** parmi les meilleurs facteurs prédictifs des aptitudes à la lecture, au même niveau que les habiletés phonologiques, et ce avant le début de son apprentissage formel. Aussi, pour Franceschini et al. (2012), les résultats à des tâches d'attention visuelle à l'école maternelle ont prédit les performances en lecture d'enfants présentant des difficultés d'acquisition de l'écrit, un et deux ans plus tard.

## VI. Les difficultés d'apprentissage

### 1. Retard simple dans l'apprentissage de la lecture versus trouble spécifique du langage écrit

Selon le rapport de l'Inserm datant de 2007, entre 5 et 15 % des enfants en début d'apprentissage présentent des difficultés en lecture (mais pas forcément un trouble spécifique). Un des risques majeurs secondaires à ces difficultés est leur impact sur les autres apprentissages, perturbant ainsi la scolarité de l'enfant.

Sprenger-Charolles et Colé (2013) précisent qu'un enfant présentant des difficultés d'apprentissage de la lecture n'est pas forcément un enfant avec une dyslexie. Mais Stanovich et Siegel (1994) indiquent que les déficits d'identification des mots écrits chez des enfants dyslexiques et chez des mauvais lecteurs du tout-venant sont semblables.

20 à 25 % d'enfants présenteraient des troubles d'apprentissage de la lecture dans les pays occidentaux, et parmi ceux-ci, seuls 4 à 5 % présentent des troubles dyslexiques avérés (Lederlé et al., 2011). Il existe peu d'études épidémiologiques en France concernant la dyslexie. Par ailleurs, les données que l'on peut trouver dépendent des critères et des seuils retenus pour poser le diagnostic. En France, nous pouvons retenir la prévalence de 5 à 8 % de personnes dyslexiques (Sprenger-Charolles & Colé, 2003).

Les troubles des apprentissages, dont fait partie la dyslexie, ont certains points en commun, notamment le fait de perturber les apprentissages scolaires chez un enfant normalement intelligent, d'être durables dans le temps et donc de perdurer à l'âge adulte. Enfin ils seraient

causés par un défaut de maturation de systèmes neurocognitifs spécifiques (Habib, 2014), contrairement au simple retard d'apprentissage de la lecture.

## 2. La dyslexie, selon le DSM-5

Plusieurs définitions de la dyslexie existent et nous ne retrouvons pas de véritable consensus sur ses critères. Il est souvent retenu la définition du DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, cinquième édition datant de 2013), qui utilise le terme de **troubles spécifiques des apprentissages** (Mazeau & Pouhet, 2014). Il s'agirait d'un trouble neuro-développemental d'origine biologique (avec une interaction de facteurs génétiques, épigénétiques et environnementaux) qui entraîne des anomalies cognitives.

Pour être diagnostiqué comme tel, et faire la différence avec un retard simple, le trouble doit être :

- Persistant depuis au moins 6 mois, en dépit d'une prise en charge et d'un accompagnement adapté, avec au moins un de ces 6 symptômes :
  - o Lecture de mots inexacte, lente ou laborieuse
  - o Difficultés à comprendre la signification de ce qui est lu
  - o Difficultés d'orthographe
  - o Difficultés dans l'expression écrite
  - o Difficultés à maîtriser le sens des nombres, les faits numériques ou le calcul
  - o Difficulté dans le raisonnement mathématique
- Résultats significativement en-dessous de ceux attendus pour l'âge chronologique pour la compétence perturbée.
- Difficultés d'apprentissage rapidement manifestes dès les premières années scolaires chez la plupart des individus. Toutefois, les difficultés d'apprentissage peuvent se manifester plus tardivement, à un moment où les demandes d'apprentissage ont augmentées.
- Le trouble ne peut s'expliquer par des troubles mentaux, sensoriels ou neurologiques ni par un retard de développement global ou par les conditions environnementales (manque d'instruction, etc.)

Le DSM-5 précise ensuite les différents apprentissages qui peuvent être concernés :

- Un déficit de la lecture (utilisation du terme dyslexie pour décrire un ensemble de problème d'apprentissage caractérisés par des difficultés dans la reconnaissance exacte et fluide des mots, un mauvais décodage et de difficultés d'orthographe)
- Un déficit de l'expression écrite
- Un déficit du calcul

Ces quelques données nous permettent de mieux appréhender la différence entre un simple retard d'apprentissage de la lecture et la dyslexie. Toutefois, ce trouble ne sera pas davantage développé ici puisque notre travail ne porte pas sur cette pathologie à proprement parler, mais sur l'apprentissage de la lecture de façon plus générale.

Ainsi, au regard de ces divers apports théoriques, nous comprenons la complexité et la richesse des mécanismes cognitifs qui animent la capacité d'identification des mots mais aussi la grande variabilité des compétences qui la soutiennent, ceci tout au long de l'apprentissage de la lecture, et également chez le lecteur expert. Parmi ces compétences, nous avons choisi d'axer notre étude sur le versant exécutif, et notamment sur une fonction en particulier : l'inhibition des interférences.

# LES FONCTIONS EXÉCUTIVES

---

## I. Présentation générale

### 1. Introduction aux fonctions exécutives

En 1868, Harlow décrit pour la première fois les perturbations comportementales engendrées par la pathologie frontale, avec le cas de Phineas Gage, cet ouvrier dont le crâne avait été traversé par une barre à mine. Son travail sera rendu célèbre bien plus tard grâce à sa publication dans *L'Erreur de Descartes* (Damasio, 1995).

Suite à ce cas princeps, qui mettait en évidence, pour la première fois, une correspondance anatomoclinique entre une lésion cérébrale frontale et une modification profonde du comportement, de nombreux travaux ont précisé ces perturbations engendrées par des atteintes frontales.

Particulièrement, Luria a réalisé des recherches auprès de patients frontaux. Il expose, en 1966, les processus cognitifs étudiés qu'il regroupe sous la terminologie d'« *executive functions* », que l'on traduira ensuite par le terme de « fonctions exécutives ». Ses travaux ont largement contribué à poser les bases des approches contemporaines. Si l'étude des fonctions exécutives a été dominée par l'examen de patients cérébrolésés, elle a progressivement évolué d'une approche anatomoclinique vers une approche fonctionnelle qui tente à présent de déterminer les opérations cognitives en jeu et leur architecture (Meulemans et al., 2004).

### 2. Définition des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives sont des fonctions de haut niveau définies comme les processus cognitifs qui contrôlent et régulent les autres activités cognitives. Elles ont donc une fonction métacognitive (Baddeley, 1990 ; Shallice, 1988). En effet, elles administrent, supervisent, gèrent, exécutent l'efficacité et la coordination de toutes les autres fonctions cognitives (Meulemans et al., 2004).

Les fonctions exécutives interviennent dans des cas bien particuliers : lors de situations nouvelles, inhabituelles, conflictuelles (plusieurs informations interfèrent les unes avec les autres), ou complexes, quand sont mises en jeu des actions sensorimotrices ou cognitives pas encore automatisées, et dans la résolution de problèmes (Mazeau & Pouhet, 2014). Plus

précisément, Rabbit (1997) expose huit critères qui justifient l'emploi des fonctions exécutives et/ou dont la présence augmente la charge exécutive de la tâche à accomplir :

- **Le critère de nouveauté** : il demande un contrôle exécutif puisque l'individu ne possède pas de plan d'action en mémoire (a contrario, si une tâche complexe est déjà automatisée, et ne présente donc pas ce critère de nouveauté, elle ne demandera pas un contrôle exécutif important),
- **La recherche délibérée d'informations en mémoire** : il s'agit de la recherche active et planifiée d'informations spécifiques en mémoire à long terme,
- **L'allocation de ressources attentionnelles**, avec le passage d'une séquence comportementale à l'autre selon les exigences de l'environnement,
- **L'inhibition de réponses non appropriées** au contexte,
- **La coordination de deux tâches réalisées de manière simultanée**, et le contrôle des exigences propres à chacune de ces tâches,
- **La détection et la correction d'erreurs**, par modification du plan initial (ce qui implique l'identification des stratégies préférables pour atteindre un but, et la mise en place du nouveau plan d'action),
- **Le maintien soutenu de l'attention** sur des périodes de temps importantes,
- **L'accessibilité à la conscience** (contrairement aux processus non exécutifs).

Il s'agit là de critères définissant des situations pour lesquelles il n'y a pas de schéma adéquat préétabli pour atteindre un but fixé (Fernandez-Duque et al., 2000). Alors, pour y parvenir, il est nécessaire de disposer d'un contrôle exécutif efficient. Ainsi, les fonctions exécutives sont l'ensemble de ces processus « permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts » (Miyake et al., 2000). Toutes ces tâches cognitives sont capitales dans nos actions quotidiennes.

Nous verrons au travers des différents modèles présentés plus loin que tous les auteurs ne s'accordent pas sur le nombre ou la qualité des différentes fonctions exécutives. Néanmoins, dans la littérature, les principales citées sont les suivantes (Rogan, 2010) :

- **La flexibilité mentale** est la capacité, en modifiant un schéma mental, à s'adapter à une nouvelle tâche, à alterner entre différentes tâches ou à passer de l'une à l'autre (Van der Linden et al., 2000), en fonction des exigences de l'environnement.
- **L'élaboration de concepts ou le raisonnement abstrait** : il s'agit de la capacité à aller plus loin que les éléments immédiatement perceptibles pour extraire des informations susceptibles d'être conceptualisées.
- **La mise à jour en mémoire de travail** est l'aptitude à manipuler une information préalablement stockée en mémoire, de façon temporaire, et à actualiser des informations dans ce système de travail (Rogan, 2010).
- **La planification** : elle est en lien étroit avec la constitution d'un but, l'initiation, la résolution de problèmes et les stratégies d'organisation (Anderson et al., 2001), ainsi elle implique la mise en place d'une série d'opérations visant à atteindre un objectif, en projetant et anticipant sur plusieurs étapes (Dennis, 2006).
- **L'inhibition** : il s'agit de la capacité à s'empêcher de produire une réponse automatique inappropriée, à arrêter la production d'une réponse en cours et écarter les stimulations non pertinentes, les interférences, pour l'activité en cours (Boujon, 2002).

### 3. Localisation anatomique des fonctions exécutives

Les lobes frontaux sont les structures situées en avant de la scissure de Rolando et du cortex moteur primaire, et au-dessus de la scissure de Sylvius. Ils représentent un peu plus du tiers de la surface corticale humaine (Meulemans et al., 2004). Le cortex préfrontal est subdivisé en cortex latéral (F1, F2, F3), orbito-frontal (segments orbitaires de F1, F2, F3) et médio-frontal (circonvolution frontale interne à laquelle on associe souvent le cortex cingulaire antérieur) (Lechevalier et al., 2008)

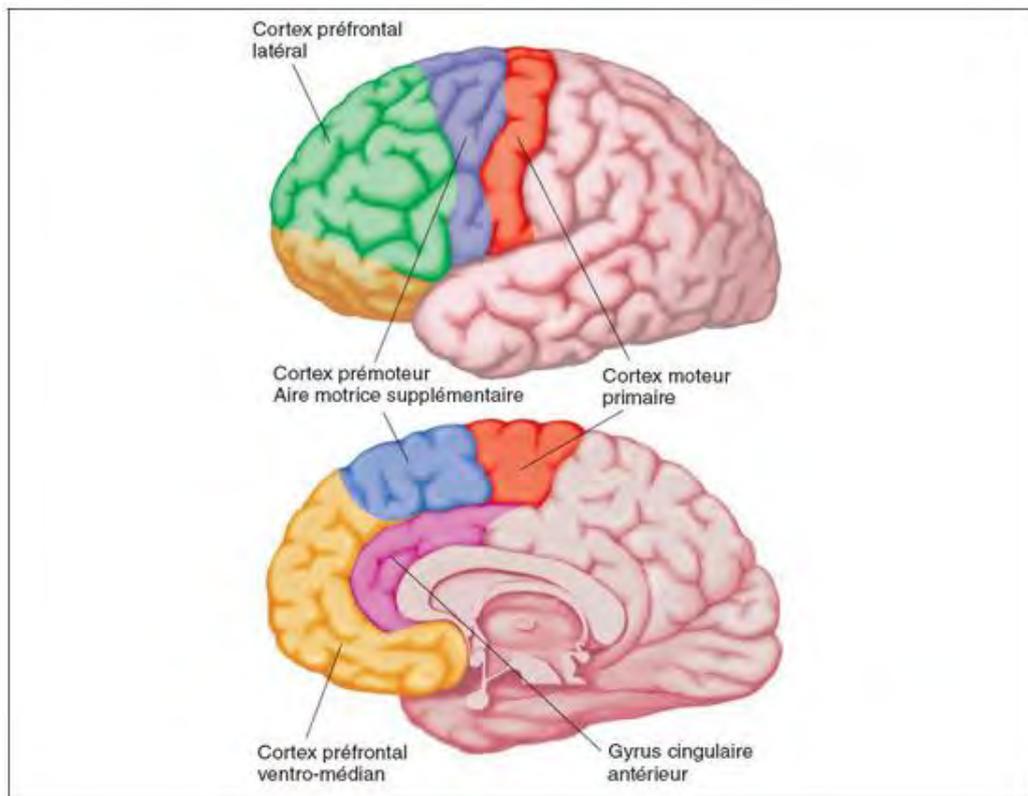


FIGURE 3 : Le lobe frontal par Lechevalier, Eustache, Viader, (2008). Cahier couleur. *Neurosciences & cognition*, i xviii.

D'un point de vue neuro-anatomique, les fonctions exécutives sont associées au fonctionnement des structures préfrontales (Meulemans et al., 2004). En effet, grâce à ses connexions avec les aires sensorielles associatives temporales, pariétales et occipitales, le cortex préfrontal reçoit des informations du milieu extérieur, d'une part. D'autre part, par ses relations avec le système limbique, il dispose d'informations sur le milieu intérieur, l'état affectif et motivationnel, ce qui fait de lui une interface entre cognition et sentiments (Roy, 2007). Ensuite, ses relations avec le thalamus, l'amygdale et l'hippocampe lui permettent de jouer un rôle dans la mémorisation et l'actualisation d'expériences anciennes. Enfin, il participe au contrôle moteur par son action sur la région pré-motrice et le striatum. Par ce dispositif, le cortex préfrontal joue un rôle d'intégration entre les données environnementales, l'état de l'organisme et les expériences passées, ce qui permet l'actualisation d'un plan d'action adapté vers un but (Dubois et al., 1994). De plus, les lobes frontaux auraient pour fonction de participer aux processus de sélection d'une réponse, cela grâce à l'interaction entre mémoire de travail et capacité d'inhibition (Dantchev & Widlöcher, 2002).

#### 4. Développement des fonctions exécutives

Les premières manifestations du contrôle exécutif sont observables chez le nourrisson, dès 12 mois de vie (Chevalier, 2010). Ensuite, les fonctions exécutives se développent progressivement au cours de l'enfance (Altemeier et al., 2008) et jusqu'au début de l'âge adulte.

Chevalier (2010) présente trois facteurs distincts qui entreraient en jeu dans le développement des fonctions exécutives : la maturation cérébrale, le langage et la variable socioéconomique.

##### a. La maturation cérébrale

Tout d'abord, le développement des fonctions exécutives serait essentiellement lié à la maturation cérébrale du cortex préfrontal, du cortex cingulaire antérieur ou encore du cortex préfrontal médian (Chevalier, 2010).

Si la maturation du cortex préfrontal est particulièrement intense de 2 à 6 ans (Kagan & Baird, 2004), elle est plus tardive et plus longue que pour les autres régions du cerveau (Gogtay et al., 2004 ; Sowell et al., 2004).

Cette longue maturation, accompagnée d'importants changements structuraux, semble suivre l'efficacité croissante des fonctions exécutives jusqu'à la fin de l'adolescence (Carlson, 2005). Aussi, grâce à l'élagage progressif des connexions neurales les moins pertinentes au fil du développement de l'enfant, le cortex préfrontal se spécialise progressivement. Ainsi, les fonctions exécutives se séparent et se précisent peu à peu au cours de la période préscolaire. D'après Konrad et al. (2005), elles sont considérées comme séparables dès 7 ans, mais la différenciation se poursuit bien au-delà.

##### b. Le langage

Ensuite, le langage est considéré comme un facteur jouant un rôle de première importance dans le développement des fonctions exécutives, par sa fonction autorégulatrice (Chevalier, 2010 ; Vygotsky, 1962).

En effet, les enfants qui ont les aptitudes langagières les plus développées présentent généralement aussi une supériorité dans les domaines qui touchent aux fonctions exécutives (Espy et al., 2006). De plus, de nombreuses études montrent que la verbalisation

d'informations appropriées a un effet bénéfique sur les productions des enfants d'âge préscolaire ou scolaire, lorsqu'il s'agit de la résolution de tâches nécessitant un contrôle exécutif. Ces résultats sont observés dans des épreuves mettant en jeu l'inhibition (Müller et al., 2004), la flexibilité (Kirkham et al., 2003), et la planification (Fernyhough & Fradley, 2005).

Enfin, c'est à travers le bilinguisme qu'a pu, également, être étudié le lien entre le langage et les fonctions exécutives. En moyenne, les enfants bilingues se révèlent plus performants dans les tâches de flexibilité et d'inhibition que les enfants monolingues. Toutefois, aucune différence de performance n'est observée pour les épreuves peu exigeantes en termes de contrôle exécutif (Carlson & Meltzoff, 2008).

### c. La variable socioéconomique

Pour finir, la variable socioéconomique aurait également une influence sur le développement des fonctions exécutives. En effet, les enfants provenant de milieux favorisés obtiennent de meilleurs résultats dans des tâches mettant en jeu la flexibilité et l'inhibition, que les enfants issus de milieux plus modestes. Il convient de préciser, toutefois, qu'il est envisageable que le statut socioéconomique influence en fait les compétences langagières qui, à leur tour, agissent sur les fonctions exécutives (Noble et al., 2005).

Malgré l'influence des trois critères précédemment cités, il est bon de noter qu'un retard dans le développement des fonctions exécutives est rattrapable par entraînement, même si celui-ci est relativement bref (Diamond et al., 2007). Cette possibilité d'améliorer l'efficacité des fonctions exécutives à l'aide d'un programme d'entraînement ouvre de nouvelles voies pour la remédiation des troubles exécutifs. Cette donnée, comme nous allons le voir, prend d'autant plus d'importance lorsque l'on sait qu'un fonctionnement exécutif efficient est indispensable dans les apprentissages. Alors, un entraînement des fonctions exécutives pourrait-il apporter des bénéfices qui s'étendraient à d'autres domaines, tels que la lecture ?

## II. Modèles théoriques des fonctions exécutives

Afin d'exposer le cadre théorique dans lequel nous nous situons, et l'intérêt particulier que nous présenterons à traiter une fonction exécutive en particulier par la suite, nous prenons le parti de mettre en avant deux modèles théoriques, sur lesquels s'est construite notre conception des fonctions exécutives. Il s'agit de celui de Fernandez-Duque et Posner (1997) et celui de Friedman et Miyake (2000).

### 1. Les trois fonctions principales de l'attention

D'après Fernandez-Duque et Posner (1997), l'attention est un concept qui se partage en trois fonctions, dont un versant exécutif.

La première fonction attentionnelle serait la vigilance. C'est un phénomène de base, une forme primitive de l'attention, qui donne accès à l'alerte attentionnelle. Cette fonction permet la mise en disponibilité globale de l'ensemble du système, afin de mieux répondre à n'importe quelle information. Elle est mesurée par la détection d'événements rares. C'est un processus qui nécessite une certaine volonté, une certaine concentration. Elle est donc sensible à la fatigue, et varie selon notre état d'éveil.

Ensuite, Fernandez-Duque et Posner décrivent une fonction d'orientation vers l'information sensorielle. Cette fonction va permettre l'emploi de notre système sensoriel en fonction de la nature de l'information à traiter.

Enfin, ils présentent une fonction dite « exécutive » de l'attention. Celle-ci permet, d'une part, l'engagement attentionnel vers des stimuli spécifiques par la focalisation. Cela se produit grâce à l'inhibition : pour pouvoir se focaliser sur une tâche, il faut d'abord être capable d'inhiber les interférences, qu'elles proviennent du milieu interne ou de l'environnement. D'autre part, le cas échéant, elle permet un désengagement et un déplacement de l'attention vers un autre stimulus. Cela se produit grâce à la flexibilité. L'attention exécutive dirige également des compétences élaborées telles que la détection d'erreur, la gestion des conflits et l'allocation des ressources attentionnelles. Ainsi, l'attention exécutive est un élément qui renvoie à la définition précédemment exposée des fonctions exécutives. Leur situation au sein de ce modèle met en évidence le rapport d'appartenance du fonctionnement exécutif à la conception de l'attention.

## 2. Les fonctions exécutives selon Miyake et al. (2000)

Dans leur modèle théorique, Miyake et al. (2000) définissent le contrôle exécutif par trois fonctions clés qu'ils ont pu isoler. Il s'agit de :

- L'inhibition : c'est une fonction à laquelle Friedman et Miyake (2004) se sont particulièrement intéressés. En effet, ils ont distingué trois types d'inhibition, sur lesquels nous reviendrons de manière plus précise par la suite : le filtrage de l'information, la suppression en mémoire de travail des informations non pertinentes, et le blocage des réponses automatiques.
- La flexibilité (ou le « shifting ») : le « shifting » se rattache aux mécanismes d'inhibition, mais une indépendance de ces processus a été démontrée. En effet, le « shifting » implique, à la différence de l'inhibition, un déplacement du focus attentionnel d'un type de stimulus à un autre.
- La mise à jour des informations en mémoire de travail, en fonction des nouvelles entrées. Cela passe par le contrôle et le codage de l'information entrante, la révision des informations stockées en mémoire de travail, et le remplacement des éléments qui ne sont plus pertinents.

La présentation de ces modèles théoriques permet la mise en lumière de trois fonctions exécutives principales – la flexibilité, l'inhibition et la mise à jour en mémoire de travail – et une meilleure compréhension de leur rôle. Elles apparaissent à la fois nettement séparées, mais toutefois liées, d'où la notion « *d'unité dans la diversité* » (Friedman & Miyake, 2004), de socle commun aux différentes fonctions exécutives.

## III. Le rôle des fonctions exécutives dans les apprentissages

### 1. Dans les apprentissages en général

Les fonctions exécutives se développent de la petite enfance jusqu'à l'adolescence. Ainsi, elles se retrouvent fortement impliquées dans les apprentissages. Nous allons donc nous intéresser au rôle qu'elles y tiennent. Leur intégrité et leur efficacité apparaissent indispensables à la réalisation de nombreuses tâches, aussi bien dans la vie quotidienne que dans le système scolaire. En effet, plusieurs études ont déjà démontré que les compétences exécutives chez le jeune enfant prédisaient la réussite à l'école (Blair & Razza,

2007 ; Fuhs & Day, 2010 ; Moffitt et al., 2011). Cela s'explique ainsi : dans une situation d'apprentissage scolaire, l'enfant est systématiquement confronté à la nouveauté. Il doit traiter des stimuli qu'il sélectionne, sur lesquels il porte son attention après les avoir extraits de l'environnement. Il doit également effectuer le travail conceptuel que réclament les diverses tâches qu'on lui propose : mémoriser, faire des liens sémantiques ou analogiques, déduire, comprendre, produire une réponse adaptée... (Mazeau & Pouhet, 2014) Les fonctions exécutives sont donc tout particulièrement impliquées dans l'ensemble des processus d'apprentissage.

Plus précisément, des corrélations ont pu être établies chez des enfants âgés de 11 à 12 ans, ciblant des domaines particuliers. Il s'avère alors que les fonctions exécutives contribuent particulièrement aux résultats obtenus en mathématiques, anglais et sciences. La mémoire de travail joue un rôle essentiel dans le développement des compétences et des connaissances, particulièrement dans le domaine littéraire, mais aussi dans les mathématiques. Et enfin, l'inhibition soutient les apprentissages scolaires généraux (Dempster & Corkhill, 1999), et se placerait même au centre du développement cognitif de l'enfant (Dempster, 1992 ; Houdé, 1994).

## 2. Plus précisément, dans le langage écrit

Il est donc établi que les fonctions exécutives jouent un rôle dans les apprentissages scolaires. Des études se sont intéressées à leur implication dans un domaine plus ciblé, celui du langage écrit.

Tout d'abord, d'un point de vue global, il est à noter qu'il existe une corrélation significative entre l'évolution positive, entre le CP et le CM1, des performances dans les tâches impliquant les fonctions exécutives d'une part, et les résultats dans les tâches de langage écrit au niveau CM1 d'autre part (Altemeier et al., 2008). Pour préciser cette observation, des recherches se sont attachées à détailler l'implication des fonctions exécutives dans le langage écrit en examinant deux domaines distincts : la production écrite et la lecture.

### a. En production écrite

D'une part, lors d'une activité impliquant l'écriture, les fonctions exécutives sont indispensables. En effet, une tâche de production écrite met l'enfant dans une situation qui nécessite l'intervention des fonctions exécutives sur plusieurs plans. Elles vont superviser le maintien de l'attention, la planification du geste, la traduction de la pensée en mots écrits,

mais également la détection et la correction des erreurs, lors des processus de résolution de problèmes qui peuvent apparaître durant l'écriture (Hayes & Flower, 1980). Ce sont elles également qui vont guider l'initiation autonome des pensées, des affects et des comportements nécessaires pour atteindre les objectifs liés à la production écrite (Zimmerman & Risemberg, 1997).

#### b. En lecture

D'autre part, les fonctions exécutives jouent un rôle lors de l'apprentissage de la lecture. En effet, lorsque les enfants acquièrent les procédures pour décoder et reconnaître des mots précisément, les fonctions exécutives pourraient intervenir et influencer l'efficacité avec laquelle ces processus, de décodage et de reconnaissance, se produisent dans le temps. Ainsi, les différences individuelles que l'on peut observer au niveau des fonctions exécutives pourraient avoir une influence sur le développement et la maîtrise de la lecture chez tout enfant.

Pour appuyer ce propos mettant en lien les fonctions exécutives et le langage écrit, il est intéressant de se placer dans le domaine de la pathologie. En effet, des corrélations existent entre les troubles du langage écrit et les difficultés exécutives. Si les fonctions exécutives ne sont pas directement ou systématiquement impliquées dans les diagnostics de dyslexie, il convient de noter que parmi les troubles fréquemment associés à cette pathologie du langage écrit, des arguments en faveur d'un dysfonctionnement exécutif ont été rapportés, notamment sur les tâches d'inhibition et de flexibilité mentale (Altemeier et al., 2008).

A partir de cette conclusion, nous prenons le parti de cibler une fonction exécutive semblant intervenir particulièrement dans l'apprentissage de la lecture : l'inhibition. En effet, les recherches effectuées par Altemeier et al. (2008) nous poussent à approfondir et nous intéresser tout particulièrement à son fonctionnement, et, par la suite, à son intervention dans les apprentissages, et notamment la lecture.

## IV. L'inhibition

### 1. Définition

La plupart des recherches s'accordent aujourd'hui sur le fait que l'inhibition est la principale fonction exécutive. Son rôle est fondamental : elle précède et permet le développement de toutes les autres fonctions exécutives (Barkley, 1997; Carlson & Moses, 2001 ; Altemeier et al., 2008). Pour insister sur l'intérêt majeur de cette fonction, des travaux récents conviennent que les processus inhibiteurs ont une implication fondamentale pour le développement et la régulation de la cognition, de la motricité, et ce même jusqu'aux fonctions cognitives les plus intégrées, telles que le raisonnement (Moutier et al 2003 ; Dempster & Brainerd, 1995). Cela explique que, désormais, le concept d'inhibition occupe une position centrale dans la compréhension des divers troubles de l'attention et également en ce qui concerne le développement du système exécutif de l'enfant (Roy, 2008).

L'inhibition est présente sur le plan comportemental et/ou sur le plan cognitif, et elle entre en jeu lors du contrôle normal de la pensée (Everett & Lajeunesse, 2000). Elle intervient dans tout contexte ou situation nouvelle qui nécessite de l'attention (Boujon, 2002).

De manière élémentaire, on définit l'inhibition comme le mécanisme permettant de bloquer, retarder une réponse automatique pour atteindre un objectif. Ce retardement peut être maintenu, même malgré une interférence (Barkley, 2003).

Cette résistance à l'interférence est considérée comme le processus essentiel dont vont dépendre les performances dans un grand nombre de tâches cognitives. En effet, face aux nombreux comportements automatisés que nous présentons, il est indispensable de posséder un mécanisme de contrôle, disponible dans des situations nouvelles, pour réfréner nos automatismes non adaptés d'une part, et pour aider à en élaborer de nouveaux d'autre part (Boujon, 2002). De même, s'engager consciemment dans un problème, réfléchir à sa résolution, élaborer une stratégie pour atteindre un but, sont des tâches cognitives qui requièrent d'inhiber des réponses automatiques ou apprises, et également d'écarter des informations perceptives non pertinentes. Elles nécessitent une certaine souplesse attentionnelle, en raison d'une compétition entre les stimuli ou les réponses. L'inhibition est donc la fonction qui permet de stopper les réponses inappropriées, malgré les interférences, ou, selon la situation, de supprimer activement la précédente représentation cognitive (devenue inappropriée) de la mémoire (Harnishfeger & Pope 1996 ; Posner & Snyder, 1975).

Les interférences peuvent varier selon diverses dimensions telles que l'emplacement de la source (externe ou interne), la direction (proactive, rétroactive ou simultanée) et la forme

psychologique (motrice, perceptive ou verbale) (Dempster, 1992, 1995). L'inhibition est un mécanisme flexible et adaptatif, susceptible de se modifier selon les circonstances. Ainsi, elle est appliquée au distracteur en fonction des caractéristiques propres de la situation. Quoi qu'il en soit, cela se fait toujours dans un but d'efficacité optimale par rapport aux objectifs à atteindre (Everett & Lajeunesse, 2000).

Nous verrons par la suite que cette capacité à négliger les stimuli parasites à l'activité est très sollicitée lors des apprentissages, puisque comme cela a été évoqué lors de la présentation des fonctions exécutives, tout apprentissage implique la gestion d'un matériel nouveau et la mise en place de stratégies.

## 2. Modèle de l'inhibition selon Friedman et Miyake (2004)

Il convient de placer notre définition de l'inhibition dans un cadre théorique, pour cela nous avons décidé de présenter le modèle de Friedman et Miyake (2004). Leur étude, réalisée en 2004, met en lumière la distinction entre trois types d'inhibition qui interviennent à différents stades :

- D'abord, la phase précoce du traitement : « *Resistance to Distractor Interference* », soit la résistance aux interférences de distraction. C'est le filtrage de l'information, avant même qu'elle ne soit traitée. Cela est permis par la capacité à résister aux interférences liées aux informations de l'environnement qui ne sont pas pertinentes pour la tâche à accomplir. Cette fonction permet, dès le départ, d'ignorer les informations entrantes non pertinentes.
- Ensuite, la phase intermédiaire : « *Resistance to Proactive Interference* » soit la résistance aux interférences proactives. Il s'agit de la capacité à supprimer des informations antérieurement pertinentes pour la tâche, mais qui ne le sont plus. Cette fonction permet donc la mise à jour des informations contenues dans la mémoire de travail.
- Enfin, la phase la plus tardive : « *Prepotent Response Inhibition* » soit l'inhibition de la réponse dominante. Il s'agit de l'habileté à bloquer intentionnellement une réponse dominante, automatique ou supérieure, qui n'est pas pertinente.

Parmi ces trois fonctions, deux sont fortement reliées entre elles : l'inhibition de la réponse dominante et la résistance aux interférences de distraction.

### 3. Développement des capacités d'inhibition

#### a. Développement au fil de la croissance

« *Se développer c'est non seulement construire et activer des stratégies cognitives, comme le pensait Piaget, mais c'est aussi apprendre à inhiber des stratégies qui entrent en compétition dans le cerveau.* » Houdé (2007)

L'inhibition est la première fonction exécutive à apparaître dans le développement de l'enfant, et elle continue d'évoluer au cours de l'adolescence (Altemeier et al., 2008). Elle devient de plus en plus performante, sélective et pertinente, ce qui permet le développement de performances de plus en plus précises et adaptées (Mazeau & Pouhet, 2014).

L'inhibition fait son apparition dès la première année de vie. En effet, Diamond (1985) en a observé des manifestations chez des nourrissons dès 12 mois.

Par la suite, il a été mis en évidence que les capacités d'inhibition s'améliorent chez les enfants, entre 1 et 3 ans, par la démonstration de leur capacité grandissante à différer la prise d'une récompense afin d'en recevoir une plus importante (Carlson, 2005). Toujours chez de jeunes enfants, Gerardi-Caulton (2000) a souligné les progrès du contrôle de l'inhibition entre 2 et 3 ans, grâce à une tâche de conflit type Stroop.

Ensuite, entre 3 et 6 ans, des progrès importants sont réalisés sur des épreuves de type Stroop et de type Go/No-Go, mettant en évidence une amélioration de la capacité d'inhibition.

Enfin, une progression constante de l'inhibition au fil des classes, entre le CP et la 6<sup>e</sup>, est démontrée, mesurée par une diminution du temps nécessaire aux enfants pour terminer la tâche proposée. De plus, les résultats de cette étude suggèrent que l'inhibition pourrait avoir un développement plus long que les autres fonctions étudiées (Altemeier et al., 2008). Toutefois, après la période préscolaire, les progrès semblent moins importants, mais ils se poursuivent, notamment pendant l'adolescence, à un rythme relativement régulier (Crone, 2009).

#### b. Agir sur le développement de l'inhibition

Comme nous l'avons vu précédemment, un retard dans les performances des fonctions exécutives est rattrapable par entraînement. C'est également le cas de la fonction d'inhibition. En effet, après un programme d'entraînement de la capacité d'inhibition, il s'avère que les enfants de 4 à 6 ans présentent des modèles d'activation du cortex préfrontal qui ressemblent davantage à ceux des adultes : leurs capacités sont plus développées

(Rueda et al., 2005). L'intérêt d'un programme d'entraînement est d'autant plus grand qu'il peut donner lieu non seulement à des progrès des fonctions exécutives, mais également à des effets de transfert à d'autres compétences. Grâce à la faculté des réseaux de neurones à se réorganiser sous l'influence des expériences, l'entraînement peut donc être considéré comme un véritable soutien pour les apprentissages (Mazeau & Pouhet, 2014). Plusieurs supports sont disponibles pour entraîner les capacités d'inhibition, notamment un logiciel que nous présenterons plus précisément par la suite : Inhipido © (développé par F. Médina).

Houdé met en avant l'intérêt de travailler au développement de la fonction d'inhibition. Il précise d'ailleurs qu'il serait très bénéfique de développer une « *pédagogie du cortex préfrontal* » à l'école, notamment l'entraînement de la capacité d'inhibition, car le défaut de cette fonction peut expliquer des difficultés d'apprentissage et d'adaptation tant cognitive que sociale (propos recueillis par Fournier, 2012).

#### 4. Evaluation des capacités d'inhibition

L'évaluation des capacités d'inhibition pose des difficultés sur le plan méthodologique, tout d'abord en lien avec le fait qu'aucune épreuve n'est tout à fait pure : les tâches proposées ne font que rarement, voire jamais, appel à une seule fonction exécutive puisque, par définition, elles sont métacognitives. De plus, des variations interindividuelles entrent en jeu. En effet, les processus sont plus ou moins automatisés selon les individus, et il convient de prendre en compte la possibilité de chacun d'utiliser des stratégies variées selon les situations et les tâches proposées. De même, des variations intra-individuelles dans le temps apparaissent : les processus peuvent devenir plus ou moins automatiques selon l'évolution du sujet (Chevalier, 2010 ; Siegler, 1999). Une difficulté s'ajoute lorsqu'il s'agit d'évaluer les capacités d'inhibition d'enfants. Effectivement, la plupart des épreuves ont été créées et développées pour être utilisées chez l'adulte, et ont ensuite été appliquées à l'enfant. Cela pose la question de la transposition du fonctionnement exécutif de l'adulte à celui de l'enfant (Roy, 2008).

Toutefois, il existe plusieurs approches en neuropsychologie cognitive pour tester, aussi justement que possible, les capacités d'inhibition. Nous en ferons, ici, une présentation non exhaustive.

### a. Tests type Stroop

Tout d'abord, les tests de type Stroop sont universellement reconnus pour évaluer les fonctions exécutives, et plus précisément, la capacité d'inhibition. Le Stroop (1935) est principalement connue pour l'épreuve qui consiste à donner le plus rapidement possible la couleur de l'encre dans laquelle un mot est écrit. Le mot écrit est lui-même un nom de couleur : c'est ce qui crée l'interférence (par exemple le mot « JAUNE » écrit en bleu). Cette étape du test mesure la capacité à focaliser son attention sur une information pertinente (la couleur de l'encre) et à ignorer une information non pertinente (le signifié) (Pennequin et al., 2004). Il faut donc inhiber la tendance dominante qui consisterait à lire le mot. Ce caractère plus automatique de la lecture est d'ailleurs attesté par les normes du Stroop. En effet, l'observation des scores des deux étapes initiales de ce test (lecture de noms de couleurs imprimés en noir sur une première planche, puis dénomination de rectangles de couleur sur une deuxième planche) montre que la tâche de dénomination est plus lente que la tâche de lecture. Ce test implique alors que le sujet effectue une action qui entre en conflit avec une réponse automatique ou prépondérante, et nécessite donc une fonction d'inhibition efficiente. C'est la comparaison entre le temps nécessaire à la lecture d'une liste dans cette condition interférente d'une part, et le temps nécessaire à la lecture des deux listes en condition contrôle, qui fournit un aperçu de la vulnérabilité du sujet à l'interférence (Gagnon et al., 2000).

Plusieurs épreuves sont dérivées et/ou inspirées du test de Stroop, on parle alors d'épreuves type Stroop. Le test Jour/Nuit (Gerstadt et al., 1994) en est un exemple. Il s'agit du test d'inhibition le plus souvent utilisé avec des enfants d'âge préscolaire, puisqu'ils ne savent pas encore lire. Il peut être utilisé dès 3 ans et demi. La tâche se décline ainsi : l'enfant doit dire « jour » sur présentation d'une carte représentant une lune sur fond noir et « nuit » sur présentation d'une carte représentant un soleil. Il existe également une version Stroop-objet : des objets sont présentés dans leur couleur canonique (carotte orange) ou non (carotte bleue). Celui-ci est utilisable avec des enfants entre 3 ans et demi à 6 ans et demi (Prevor & Diamond, 2005). Enfin, le Stroop-fruit est destiné à des enfants à partir de 4 ans (Monette et al., 2010), et le Stroop-image (qui concerne la prégnance visuelle de tailles différentes de dessins d'animaux mise en conflit avec la connaissance de la taille réelle des animaux), est réalisable avec des enfants dès 7 ans (Pennequin et al., 2004).

### b. Cogner et frapper

Chez les enfants également, est utilisé le Cogner et frapper, issu de la NEPSY (Korkman et al., 1997). Ce test est conçu pour évaluer l'autorégulation et la capacité à inhiber des impulsions immédiates. En effet, il nécessite le maintien d'un schéma de réponse qui implique la suppression d'actions motrices d'une part, et la production de réponses motrices conflictuelles d'autre part. Ce test se réalise en deux temps. D'abord, l'enfant apprend une réponse motrice en rapport avec une consigne : « Lorsque je cogne (poing fermé sur la table), tu frappes (main à plat sur la table) », et inversement. Il doit donc respecter cette association cognitive et inhiber la réponse automatique qui consisterait à imiter les actions de l'examineur. Ensuite, second temps de l'épreuve, après avoir appris cette association, l'enfant doit apprendre une nouvelle réponse : « Lorsque je cogne (poing fermé sur la table), tu poses (poing posé verticalement sur la table) », et inversement. Il doit également changer d'association : « Lorsque je frappe, tu ne fais rien ». Là, l'enfant doit donc inhiber la réponse motrice antérieurement apprise, qui n'est plus pertinente pour la nouvelle tâche. L'utilisation du Cogner et frapper peut permettre la mise en évidence, chez un enfant entre 5 et 12 ans, d'une tendance à agir de manière impulsive avant de réfléchir, ainsi que des difficultés à inhiber les impulsions ou à conserver des règles complexes en mémoire de travail.

### c. Le barrage

Enfin, un autre type d'épreuve est utilisé pour évaluer les capacités d'inhibition, elle est tout particulièrement efficace pour apprécier la résistance aux interférences endogènes (c'est-à-dire les distractions internes, propres à chacun) : le barrage. Il s'agit d'une épreuve de détection de cibles mêlées à des distracteurs en modalité visuelle. Il existe toutes sortes de barrages : les cibles peuvent être imagées, géométriques, concerner du matériel verbal... On peut par exemple citer le Barrage des cloches de la BALE (Jacquier-Roux et al., 2010). Au cours de ce test, il est demandé au sujet d'entourer au stylo le « plus possible de cloches » contenues sur une feuille de format A4 au sein de 280 autres dessins distracteurs (maison, chevaux...). Tous les dessins sont en noir. Les 35 cloches paraissent être distribuées de façon aléatoire au sein de l'ensemble des dessins, mais elles sont réparties en 7 colonnes, chacune de ces colonnes contenant 5 cloches et 40 autres dessins. La cotation de cette épreuve est basée sur le nombre de cloches effectivement entourées en 2 minutes.

## 5. Le rôle de l'inhibition dans la lecture

Si l'inhibition est considérée comme la première fonction exécutive, plusieurs auteurs la placent résolument au centre du développement cognitif de l'enfant (Dempster, 1992 ; Houdé, 1994). Dempster et Corkhill (1999), affirment même que cette fonction soutient les apprentissages scolaires généraux. Intéressons-nous plus particulièrement au rôle qu'elle occupe dans l'apprentissage et la maîtrise de la lecture.

### a. Le rôle de l'inhibition dans la lecture en général

Altemeier et al., (2008) proposent l'existence de deux niveaux de compétences cognitives dans le traitement du langage écrit, coordonnés entre eux grâce à un contrôle exécutif efficient. Les compétences qualifiées de haut niveau, comme l'intégration syntaxique, sémantique, ou l'accès à la signification du texte, seraient sous-tendues par des processus à haut niveau de représentation, telles que la planification et la résolution de problèmes. Alors que les compétences élémentaires, comme le décodage et l'orthographe, seraient régies par les processus d'inhibition et de flexibilité. En effet, de récentes études ont permis la mise en évidence de corrélations entre le développement des fonctions d'inhibition et de flexibilité d'une part, et le développement du langage écrit et des mécanismes de lecture, d'autre part. Aussi, Booth et al. (2010) ont montré que les enfants avec des difficultés de lecture ont aussi des difficultés sur le plan des fonctions exécutives, notamment lorsqu'il s'agit de l'inhibition d'informations non pertinentes. Enfin, une étude réalisée chez l'adulte a prouvé que les moins bons lecteurs sont ceux qui ont les mécanismes de suppression les moins efficaces (Gernsbacher, 1993). Ces travaux semblent des éléments de confirmation quant à l'implication majeure de ces deux fonctions, l'inhibition et la flexibilité, dans l'apprentissage et le développement du langage écrit. Elles guideraient plus spécifiquement les tâches de décodage grapho-phonémique (Altemeier et al., 2008 ; Boulc'h et al., 2007). Ici, nous prenons le parti de détailler plus précisément le rôle de la fonction d'inhibition, qui constitue la base de notre recherche.

À l'âge où l'enfant débute l'apprentissage de la lecture, il doit gérer l'utilisation des différentes stratégies de décodage dont il dispose. Le processus d'identification des mots est lent, non automatisé et cognitivement coûteux. Ceci caractérise le début de l'acquisition de la lecture, ou le fonctionnement des faibles lecteurs (Boulc'h et al., 2007). Ainsi, dès les premiers pas dans le décodage, l'inhibition semble avoir un rôle essentiel. Elle guide le processus permettant d'apprendre à faire le lien entre les phonèmes et les graphèmes. Plus précisément, elle est la fonction qui va permettre d'éliminer les informations non pertinentes durant la récupération et le traitement phonologique des sons, aussi bien pour les lettres que

pour le mot entier. En effet, la récupération efficace des codes phonologiques correspondant aux graphèmes pourrait être affectée par un défaut de la capacité à supprimer les codes non pertinents, et à rechercher rapidement et récupérer la réponse pertinente (Altemeier et al., 2008).

Également, la fonction d'inhibition garantit le passage d'un graphème à un autre, d'un phonème à un autre, et d'un mot à l'autre, en supprimant les informations distractives ou devenues non pertinentes, pour sélectionner rapidement celles qui le sont.

Enfin, lors de la lecture, des informations inappropriées (comme les significations non adaptées de mots ambigus, les formes incorrectes d'homophones, etc.), peuvent être activées automatiquement, récupérées inconsciemment ou perçues naturellement. Elles ne doivent pas être autorisées à affecter les processus en cours et doivent donc être inhibées (Gernsbacher, 1993).

Lorsque la phase d'apprentissage est terminée, ce sont les fonctions exécutives qui vont alors permettre de rendre l'activité de lecture plus efficace et automatisée (Altemeier et al., 2008).

La présentation de ces différents travaux permet de comprendre à quel point l'inhibition est une fonction nécessaire à la compétence de lecture, et l'impact que peut avoir un défaut de cette fonction sur de jeunes enfants en plein apprentissage du code écrit.

#### b. Quelles implications en orthophonie ?

Nous venons d'exposer la nécessité d'une fonction d'inhibition efficiente pour l'apprentissage de la lecture. Dans notre profession, les enfants pris en charge rencontrent des difficultés ou présentent des pathologies qui entravent leur acquisition du langage écrit. Nous allons voir que pour eux également, la capacité d'inhibition est importante et ne doit pas être négligée.

En effet, les sujets dyslexiques auraient des difficultés à automatiser la reconnaissance des mots et seraient dépendants d'un processus particulièrement lent (Stanovich, 1986). Des déficits de la fonction d'inhibition pourraient contribuer à cette faible reconnaissance. Par exemple, les sujets dyslexiques sont moins qualifiés pour appliquer la correspondance graphème-phonème, lors de la lecture. Ils doivent donc inhiber les correspondances graphème-phonème qui ne sont pas appropriées au mot qu'ils sont en train de lire. Également, sur un autre plan, des échecs dans l'inhibition des prononciations non pertinentes du mot en cours de lecture viendraient altérer la reconnaissance des mots. C'est ainsi que les déficits dans le contrôle de l'inhibition interféreraient avec la reconnaissance

des mots chez les dyslexiques (Chiappe et al., 2000). Les résultats de l'étude effectuée par Chiappe et al., (2000) suggèrent également que les dyslexiques présentent une fonction d'inhibition moins efficace que les normo-lecteurs, qu'ils ont des difficultés à pré-éliminer les renseignements non pertinents et surtout qu'ils ne voient pas leur fonction d'inhibition s'améliorer entre 10 et 29 ans, contrairement aux normo-lecteurs.

Ainsi, les enfants dyslexiques et non dyslexiques pourraient bénéficier de l'incorporation de stratégies visant à améliorer le fonctionnement exécutif, plus spécifiquement l'inhibition, au sein d'un programme global de lecture et d'écriture (Altemeier et al., 2008). D'ailleurs, les travaux de Bargue (2013) vont dans ce sens. Partant du postulat qu'un entraînement spécifique des fonctions d'inhibition et de flexibilité serait susceptible d'améliorer les performances en lecture, elle a évalué l'effet d'un entraînement de ces fonctions chez des enfants dyslexiques entre 10 et 11 ans. Les résultats montrent une amélioration significative des processus de flexibilité et d'inhibition, ainsi qu'une augmentation significative des compétences de décodage de mots et de vitesse de lecture. Ces résultats restent toutefois à confirmer, étant donné le faible échantillon.

## PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

---

Suite à ces conclusions, nous avons fait le choix d'explorer plus encore le rôle du système exécutif dans la lecture. Comme nous l'avons évoqué, il nous semblait nécessaire de ne sélectionner qu'une seule fonction exécutive, dans le but de l'isoler au maximum et de juger plus précisément de son rôle. Dans cette optique, et à partir des données théoriques en notre possession, nous avons pris le parti de porter tout notre intérêt sur la fonction d'inhibition. Alors, afin d'étudier de plus près son implication dans la lecture, nous nous sommes demandé  **dans quelle mesure un entraînement de cette fonction seule, et donc son amélioration, pourrait faciliter l'apprentissage de la lecture, en termes de vitesse et de précision, des enfants normo-lecteurs de CE1.** Cette population a été choisie, car les enfants de CE1 sont en début d'apprentissage de la lecture. À ce stade, les processus ne sont pas automatisés, les fonctions exécutives interviennent davantage, et la lecture ne requiert pas encore de traitement de haut niveau. Nous présumons donc que l'effet de l'entraînement serait d'autant plus important, de même que son éventuel impact sur les performances, en termes de vitesse et de précision, de ces apprentis lecteurs. Aussi, il nous semblait important de travailler auprès d'enfants normo-lecteurs pour deux raisons. D'abord, il aurait été plus difficile de mettre en évidence quelque effet de notre étude si ces enfants avaient été suivis en parallèle par un orthophoniste ayant pour objectif de travailler avec eux le langage écrit. Ensuite, en CE1, l'apprentissage trop récent de la lecture ne permet pas de poser un diagnostic définitif de dyslexie. Notre échantillon, s'il avait été issu d'une population « pathologique », aurait alors pu mélanger des enfants présentant de simples difficultés passagères et des enfants porteurs d'un trouble spécifique, nos résultats auraient ainsi pu être influencés par ce facteur sans que nous ne puissions réellement en juger.

Prenant appui sur les éléments théoriques exposés jusque-là, nous souhaitons d'abord mettre en lumière un possible lien entre le niveau initial (c'est-à-dire avant entraînement) de lecture et d'inhibition de chaque enfant, afin d'observer une éventuelle corrélation entre ceux-ci. Autrement dit, les meilleurs lecteurs sont-ils également les meilleurs inhibiteurs ? Ou est-ce qu'au contraire aucun lien évident ne peut être mis en évidence ? Puis, nous avons porté notre réflexion sur les effets que nous espérons observer suite à l'amélioration des performances en inhibition des enfants participant à l'étude. La vitesse de lecture progresserait-elle en même temps que l'inhibition ? Serait-ce également le cas de la précision ? Ainsi, trois hypothèses, présentées ci-après, ont émergé de ces interrogations.

**HYPOTHÈSE N°1** : Nous supposons que les résultats aux épreuves de lecture et d'inhibition avant entraînement sont corrélés : les performances d'inhibition des meilleurs lecteurs sont supérieures à celles des moins bons lecteurs.

**HYPOTHÈSE N°2** : Nous supposons que si l'on permet une amélioration de sa fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la vitesse de lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.

**HYPOTHÈSE N°3** : Nous supposons que si l'on permet une amélioration de sa fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la précision en lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.

Ces hypothèses constituent le fil conducteur de l'expérimentation décrite en suivant.

Après la présentation de la méthodologie appliquée et du matériel que nous avons créé et utilisé (protocoles de test et d'entraînement), nous analyserons les résultats de notre étude. Ainsi, nous pourrions proposer une discussion au sein de laquelle nous apporterons d'abord des réponses à nos hypothèses. Puis nous présenterons les difficultés auxquelles nous avons été confrontés, et également, nous exposerons la réflexion méthodologique que nous avons menée à posteriori. Enfin, nous conclurons en envisageant de nouvelles perspectives.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

---

### **I. Objectif de l'étude**

Notre expérimentation a pour objectif d'évaluer les répercussions d'un entraînement intensif de la fonction d'inhibition sur les performances en lecture des enfants, en termes de vitesse et de précision.

Des enfants normo-lecteurs scolarisés en classe de CE1 composent l'échantillon ciblé par cette étude. Deux arguments principaux ont orienté notre choix concernant ces caractéristiques. D'abord, à l'âge où les enfants n'ont pas encore acquis certaines compétences, les fonctions exécutives sont plus fortement sollicitées, elles entrent davantage en jeu dans les différentes tâches. De plus, en classe de CE1, l'élève est en début d'apprentissage de la lecture, il ne possède donc pas, en général, une lecture automatisée et sollicite alors d'autant plus ses fonctions exécutives. Ce critère de sélection de la population doit donc nous permettre d'appliquer notre entraînement à des enfants recourant fortement à des processus exécutifs, notamment lors de la lecture, et donc susceptibles de tirer un réel bénéfice d'une amélioration de ceux-ci, et plus précisément de la fonction d'inhibition. Pour répondre à un besoin d'intensivité de l'entraînement, nous utilisons un outil technologique : le logiciel Inhipido ©, développé pour faire travailler, justement, cette fonction exécutive en particulier.

Grâce à cette expérimentation, nous souhaitons explorer plus précisément les relations entre les capacités d'inhibition des interférences et l'apprentissage de la lecture. Ainsi, nous espérons apporter une contribution à la profession, en mettant éventuellement en lumière l'importance et le rôle de la fonction d'inhibition dans l'apprentissage de la lecture, et l'utilité qu'il y aurait alors à explorer davantage ce domaine lors d'un bilan de langage écrit ou en rééducation.

## II. Présentation de la population

### 1. Critères d'inclusion

Au vu de nos objectifs, nous avons établi des critères d'inclusion relatifs à la population visée par notre étude. Pour contrôler ces paramètres, nous avons procédé à la création d'un questionnaire à destination des parents (Annexe n°1). Ainsi, nous avons décidé de ne pas inclure les enfants ayant redoublé le CP ou le CE1, cela pour que tous aient la même durée d'apprentissage de la lecture mais aussi pour qu'ils aient le même âge. Également, nous n'avons pas inclus les enfants suivis en orthophonie dans le cadre d'une prise en charge du langage écrit puisque, d'une part, cela aurait pu être synonyme de trouble spécifique du langage écrit, et d'autre part, parce que si nous avions retrouvé une amélioration de la lecture chez ces enfants, nous n'aurions pu avec certitude attribuer ces progrès à notre entraînement informatisé. Enfin, les enfants présentant un trouble neurologique ou psychiatrique connu, ou un trouble visuel ou auditif connu non corrigé, ou une déficience intellectuelle n'ont pas été inclus. En outre, chaque enfant devait avoir accès à un même ordinateur de manière quotidienne et ce pendant toute la durée de l'entraînement, soit pendant 4 semaines (ce dernier point a été déterminant pour certains enfants, notamment pour les enfants de parents divorcés qui n'ont pas pu participer à notre étude pour cette raison).

### 2. Méthode de recrutement

Pour réaliser cette étude, nous avons pu réunir 32 enfants afin de constituer notre population, 22 d'entre eux ont pris part à l'entraînement, les autres ayant seulement participé, au minimum, à l'évaluation initiale. Le recrutement s'est déroulé en plusieurs temps.

Tout d'abord nous avons pris contact directement avec les enseignantes de CE1 et les écoles, au nombre de quatre. Nous leur avons présenté notre projet par courrier (Annexe n°2) puis les avons rencontrées pour préciser notre demande et voir les possibilités de recrutement dans leur classe.

Une fois leur accord de principe obtenu, nous avons sollicité les inspections académiques concernées (Annexe n°3) pour obtenir les autorisations nécessaires à notre intervention au sein des écoles, à raison de 3 jours répartis sur l'année scolaire pour chacune.

Nous avons ensuite orienté nos démarches vers les parents. Avec l'aide des enseignantes, le questionnaire décrit précédemment ainsi qu'une demande d'autorisation et un courrier explicatif (Annexe n°4) leur ont été transmis.

Par la suite, nous avons procédé au bilan des enfants retenus et ayant obtenu l'autorisation de leurs parents. Ainsi, nous avons rencontré 34 enfants de façon individuelle, dans leur école, chacun pendant une durée d'environ 30 minutes pour la présentation de l'étude et la passation des tests.

Après cette première évaluation, 2 enfants ont obtenu un score inférieur à - 2 ET au test de lecture de texte. De ce fait, nous ne les avons pas inclus dans notre étude, les difficultés de lecture rencontrées étant assez importantes, nous ne pouvions être certaines qu'il ne s'agisse pas d'un trouble spécifique.

Ainsi, ces démarches nous ont permis de réunir 32 enfants de CE1, tous nés en 2008, répartis dans quatre écoles différentes.

Après cela, nous avons organisé dans chaque école, grâce au concours des enseignantes, une réunion avec les parents qui le désiraient. Ainsi, nous avons pu leur montrer le logiciel qui allait par la suite servir à entraîner leur enfant, leur expliquer le but de notre étude mais aussi leur rôle et celui de leur enfant, et surtout nous avons répondu à leurs interrogations.

Enfin, nous avons directement pris contact avec les parents pour obtenir une confirmation de la participation de leur enfant à notre étude, ainsi que pour vérifier le bon fonctionnement de leur adresse mail (nécessaire pour l'utilisation du logiciel). Nous n'avons pas obtenu de réponse de six familles dans le délai de 3 semaines que nous nous étions fixé, malgré les relances. Notre population se composait alors de 26 enfants.

Avant le lancement de l'entraînement, nous avons réparti les enfants en différents groupes pour réaliser un essai croisé.

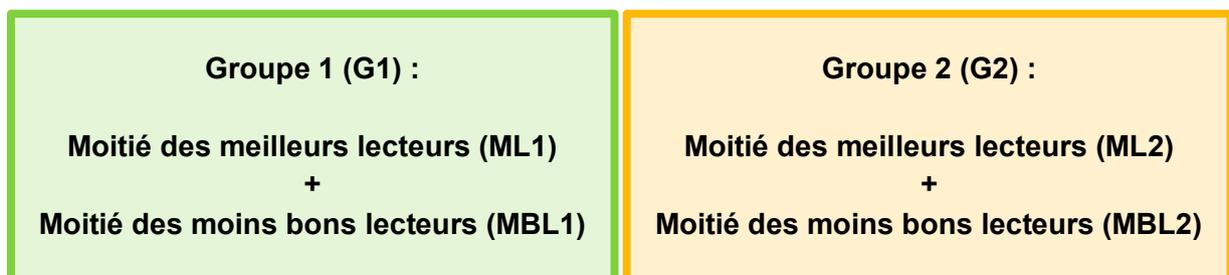
### 3. Méthodologie : l'essai croisé

L'essai croisé (ou « cross-over ») est une méthode d'essai thérapeutique dans laquelle les sujets sont leur propre témoin car ils reçoivent tous, successivement et dans un ordre aléatoire, les différents traitements qui sont à l'étude. L'avantage principal de ce plan d'expérience est qu'il assure une forte comparabilité entre le groupe contrôle et le groupe traité, étant donné que ce sont les mêmes individus que l'on retrouve dans l'un et l'autre. Alors, la variabilité inter-patient est supprimée et remplacée par une variabilité intra-patient.

De plus, l'application de ce type d'essai permet le respect d'un argument éthique important : tous les enfants bénéficient du même traitement et donc peuvent en tirer les mêmes effets (contrairement à l'étude cas témoin dans laquelle un groupe reste sans traitement).

Le principe de l'essai croisé est donc le suivant : tous les enfants bénéficient d'une période avec entraînement et d'une période sans entraînement, dans un ordre aléatoire. Ils sont évalués une première fois avant le début de l'essai, une deuxième fois au moment du croisement, et une dernière fois à la fin de l'essai.

Afin d'appliquer ce protocole d'essai croisé aux enfants participant à notre recherche, nous les avons d'abord tous évalués et regroupés en deux ensembles selon leur niveau de lecture : les meilleurs lecteurs (ML) d'une part, et les moins bons lecteurs (MBL) d'autre part. Ensuite, c'est l'ordre d'administration de l'entraînement qui a permis de répartir les enfants entre un premier groupe (G1) et un second (G2), chacun composé d'autant d'individus. La première moitié des meilleurs lecteurs s'est ainsi retrouvée dans le G1, désignée ML1. La seconde moitié des meilleurs lecteurs a été placée dans le G2, désignée ML2. Il en a été de même avec les moins bons lecteurs, ainsi répartis en deux groupes : MBL1 et MBL2.



*FIGURE 4 : Schématisation de la répartition des enfants dans les groupes de l'essai croisé*

Les deux groupes ont été appariés de sorte que les moyennes des scores en lecture des ML1 et des ML2 ne présentent pas de différence significative, de même que celles des MBL1 et des MBL2. Toutefois, au cours de notre démarche expérimentale cet appariement est devenu caduc car des enfants qui n'ont pas débuté le protocole d'entraînement ont dû être exclus de l'étude et, comme nous le verrons, la distinction entre meilleurs et moins bons lecteurs a perdu son sens suite à l'analyse de nos premiers résultats.

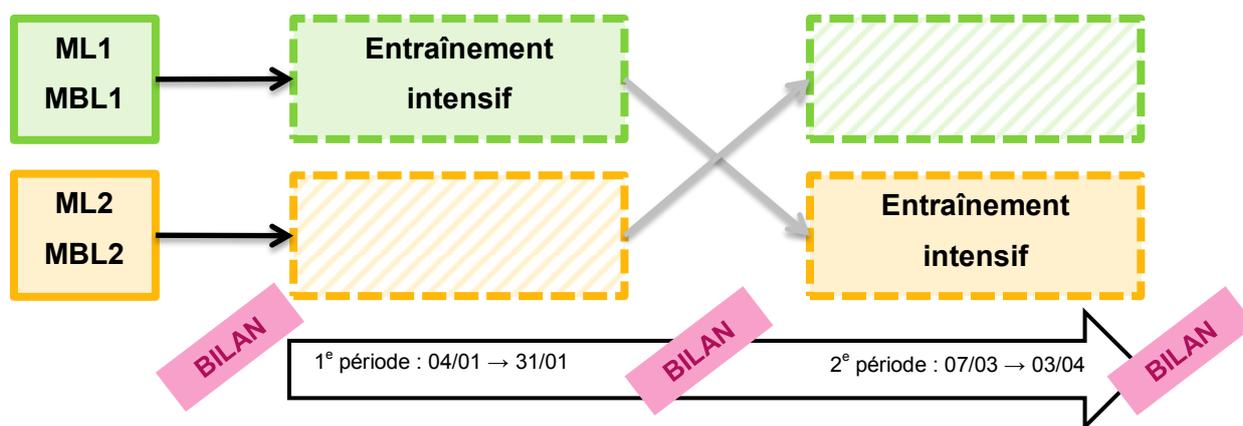


FIGURE 5 : Schématisation du protocole d'essai croisé

#### 4. Suivi de l'étude selon la population réelle

Le premier groupe a débuté l'entraînement en janvier, pour une durée de 4 semaines.

Cependant, à la fin de cette première période d'entraînement, nous n'avons plus que 9 participants sur les 13 prévus initialement. Les 4 autres n'ont jamais installé le logiciel, malgré nos relances.

Ensuite, en février, a été réalisé le bilan intermédiaire, pour lequel un enfant manquait à l'appel (les deux enfants exclus à cause d'un score pathologique n'ont pas été réévalués). Puis, nous avons enchaîné avec l'entraînement du deuxième groupe constitué de 13 enfants également. Tous les enfants sont parvenus à installer le logiciel, et tous ont réalisé l'entraînement. Enfin, le dernier bilan a eu lieu au mois d'avril.

Évaluation initiale (décembre)	Entraînement n°1	Évaluation intermédiaire (février)	Entraînement n°2	Évaluation finale (avril)
<b>34 / 34</b>	<b>9 / 13</b>	<b>29 / 32</b>	<b>13 / 13</b>	<b>29 / 32</b>

TABLEAU 1 : Population suivie durant notre étude

22 enfants ont donc collaboré à notre étude de manière totale, c'est-à-dire en ayant réalisé l'entraînement durant les 4 semaines et participé aux 3 sessions de bilan. 7 autres enfants ont participé seulement aux 3 évaluations, et enfin 3 autres n'ont participé qu'à l'évaluation initiale.

### III. Protocole de test

#### 1. Présentation des épreuves

Pour répondre à nos hypothèses, nous avons besoin d'évaluer, d'une part, le niveau de lecture, et d'autre part, les capacités d'inhibition des interférences. Pour cela, nous avons utilisé des tests existant déjà, en les modifiant pour certains, mais aussi, nous avons créé une épreuve inspirée du Stroop. Le protocole de test que nous avons ainsi constitué a été soumis à tous les enfants, aux trois temps du bilan.

##### a. Les épreuves d'inhibition

Pour évaluer les capacités d'inhibition, nous avons utilisé trois épreuves différentes, avec des interférences différentes et des modalités de sortie différentes (motrice, verbale...). Nous avons choisi d'utiliser le barrage de cloches pour sa sensibilité aux interférences endogènes, un « Stroop imagé » pour sa sensibilité aux interférences proactives et à la résistance à l'automatisme et enfin le cogner-frapper pour le contrôle de l'impulsivité.

##### i. Notre « Stroop imagé »

###### ► Présentation du matériel

Le test de Stroop évalue la capacité d'inhibition des automatismes et des interférences proactives (comme expliqué précédemment). Ce test, dans sa version originale, nécessite une mise en place automatisée de la lecture, ce que l'on considère ne pas être le cas chez des enfants de CE1. De ce fait, nous avons élaboré une épreuve s'apparentant au Stroop, basée sur du matériel imagé.

Cette épreuve se déroule en trois étapes.

- Tout d'abord, une page contenant des carrés alignés répartis aléatoirement est présentée à l'enfant. Les carrés peuvent être de quatre couleurs différentes : rouge, vert, blanc ou jaune. L'enfant a pour consigne de donner le nom des couleurs de chaque carré (dans le sens de la lecture). Il n'y a pas de contrainte de temps, on laisse l'enfant aller jusqu'à la fin de la page. Nous nous assurons ici de l'efficacité de l'accès lexical, en l'occurrence l'accès aux noms des couleurs, ainsi que de la bonne reconnaissance de celles-ci.

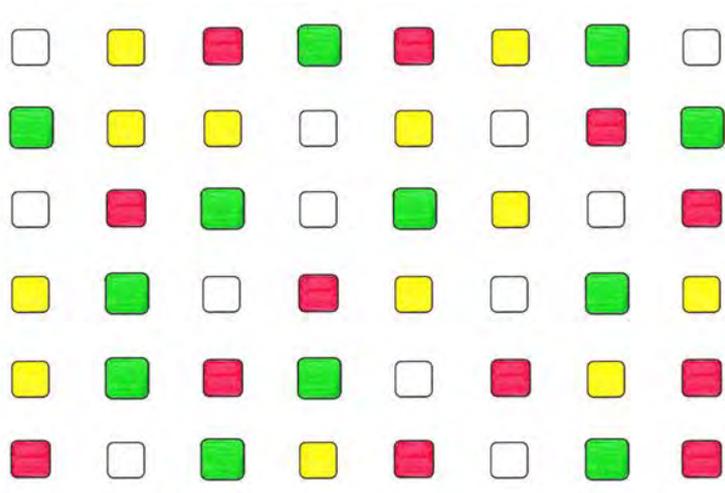


FIGURE 6 : Première étape de notre « Stroop imagé », la dénomination des couleurs

- Ensuite, une nouvelle page est présentée à l'enfant, elle contient quatre dessins différents en plusieurs exemplaires : des cerises rouges, un fantôme blanc, un soleil jaune, une grenouille verte. Ils sont présentés dans leur couleur adéquate, répartis de la même manière que les carrés précédents. La consigne est identique, l'enfant doit nommer la couleur dans laquelle se trouve l'objet. Nous laissons à nouveau l'enfant terminer la page, sans contrainte de temps. L'objectif est de renforcer le lien entre l'objet et sa couleur canonique.

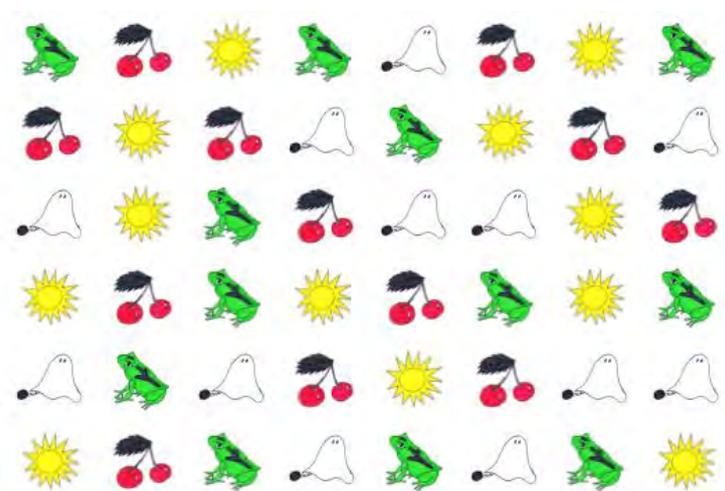
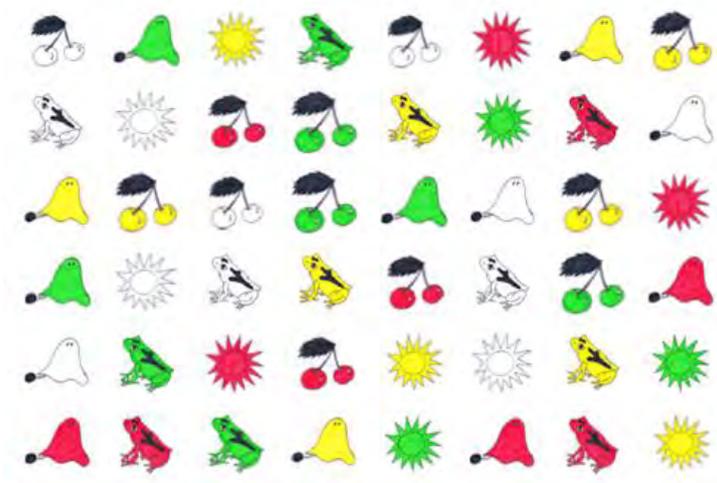


FIGURE 7 : Deuxième étape du « Stroop imagé », la dénomination des couleurs de chaque objet

- Enfin, lors de la dernière étape nous évaluons la capacité d'inhibition. Sur une nouvelle page, sont dispersées les mêmes images que précédemment mais leur couleur est attribuée aléatoirement (congruente ou non). Nous pouvons retrouver des cerises blanches ou une grenouille rouge mais aussi un soleil jaune. Cette fois-ci, l'enfant a pour consigne de dire la couleur dans laquelle devrait être l'objet, qui n'est donc pas forcément celle qu'il voit. Ainsi, pour répondre, il doit faire appel à ses représentations sémantiques (savoir qu'une cerise est rouge), qui ont été renforcées lors de la deuxième étape, et donc inhiber la couleur qu'il voit. Cette épreuve est chronométrée, l'enfant dispose de 45 secondes pour traiter le plus d'items possible. Au préalable, nous présentons quatre items pour nous assurer que l'enfant a bien compris ce qui est attendu. Le score obtenu correspond au nombre d'items correctement dénommés dans le temps imparti.



*FIGURE 8 : Dernière étape du « Stroop imagé », la dénomination des couleurs congruentes de chaque objet*

### ► Conception du test

Pour créer cette épreuve, nous avons au départ fait une sélection de plusieurs objets dont nous avons estimé la couleur difficilement dissociable.

Nous avons : un sapin, une fraise, une grenouille, un citron, une banane, un poussin, un os, une tomate, une coccinelle, un arbre, de l'herbe, un crocodile, des cerises, un fantôme, un soleil, soit 15 items. Nous les avons ensuite dessinés. Un premier tri s'est effectué à ce niveau : ont été éliminés ceux dont la représentation pouvait porter à confusion (la tomate pouvait être confondue avec un autre fruit par exemple) mais aussi ceux qui étaient

composés de plusieurs couleurs ou qui pouvaient être de différentes couleurs (le tronc de l'arbre est marron alors que les feuilles sont vertes ou orangées, un poussin peut être gris etc.).

Nous avons de cette manière retenu sept objets : un os, une grenouille, des cerises, un sapin, une fraise, un fantôme et un soleil. Lors de la réalisation de nos pré-tests (phase exploratoire que nous détaillerons plus tard), nous avons soumis à 4 enfants ces images en noir et blanc et avons cherché à savoir quelle couleur pouvait être le plus facilement et fréquemment associée à chacune. Cela, pour déterminer et sélectionner les objets entretenant le lien le plus fort avec leur couleur. Tous nos candidats à ce test ont répondu la couleur attendue pour chaque objet (bien que certains aient fait l'objet d'hésitations : « c'est un os ? »). Nous avons alors éliminé le sapin, l'os et la fraise pour ne garder qu'un objet de chaque couleur : la grenouille verte, les cerises rouges, le soleil jaune et le fantôme blanc.



*FIGURE 9 : Les dessins utilisés lors de la phase exploratoire*

## ii. Test des cloches (BALE)

Ce test est issu de la BALE (Jacquier-Roux et al., 2010). Il s'agit d'un test de barrage : l'enfant doit repérer en 2 minutes le plus de cloches possibles (qui sont donc les cibles) et les entourer. Les interférences sont d'ordre visuel, de par les autres dessins dispersés sur la page, et endogènes. Le score obtenu correspond au nombre de cloches entourées durant le temps imparti, le maximum étant de 35.

### iii. Cogner – Frapper (NEPSY)

Selon le manuel de passation, ce subtest de la NEPSY (Korkman et al., 1997) évalue le contrôle et l'inhibition des réactions motrices en réponse à un stimulus visuel, avec une consigne verbale.

Ainsi, dans un premier temps, nous donnons une consigne à l'enfant : « Quand je fais ça (*cogner*), tu fais ça (*frapper*). Mais si je fais ça (*frapper*), tu fais ça (*cogner*). » Nous proposons quelques items d'apprentissage jusqu'à la compréhension de la consigne puis nous présentons les 15 items du test.



FIGURE 10 : Les réponses motrices du premier pattern. Manuel de la NEPSY (Korkman et al., 1997)

Dans un deuxième temps, une nouvelle consigne lui est soumise. Il lui est demandé de « poser » quand nous « cognons » et de « cogner » quand nous « posons », mais il ne doit rien faire lorsque nous « fraillons ». De la même manière que précédemment, nous proposons une phase d'apprentissage puis une fois la consigne comprise, les 15 items sont présentés.

### Poser



FIGURE 11 : La nouvelle réponse motrice. Manuel de la NEPSY (Korkman et al., 1997)

Nous comptons 1 point à chaque bonne réponse, nous avons au total 30 items, la note maximale est donc de 30.

#### b. Les épreuves de lecture

Pour rendre compte des capacités de lecture de chaque enfant, nous avons utilisé une épreuve de lecture de texte et une épreuve de lecture de mots irréguliers, réguliers et de pseudo-mots.

##### i. De syllabes (Alouette)

Au préalable, nous proposons à l'enfant de lire quelques syllabes pour le placer en situation de confiance. Les syllabes sont celles présentes dans le test de l'Alouette (Lefavrais, 1967). Nous obtenons un score indicatif sur 15 que nous n'utilisons pas par la suite.

##### ii. De texte, le Géant Égoïste (BALE)

Nous avons choisi un texte issu de la BALE : Le Géant égoïste. Nous présentons le texte à l'enfant et dès qu'il commence sa lecture, nous lançons le chronomètre pour une durée de 2 minutes. Nous notons ses erreurs ainsi que le nombre de mots lus. En soustrayant le nombre d'erreurs au nombre total de mots lus, nous obtenons le nombre de mots correctement lus en 2 minutes.

##### iii. De mots (liste de la BELEC)

Pour compléter cette évaluation de lecture, nous utilisons les mots de la BELEC (tests REGUL et MIM). Nous avons trois séries de 24 mots chacune, il s'agit de mots réguliers pour la première, de mots irréguliers pour la seconde et de pseudo-mots pour la dernière. La BELEC contient deux séries appariées de pseudo-mots. Nous avons donc utilisé la même série (série A) pour les premier et dernier bilans, mais la deuxième série appariée (série B) pour le bilan intermédiaire, cela dans le but de limiter l'effet re-test. Nous présentons ces mots en colonne et limitons le temps de lecture à 45 secondes pour chaque série. Nous notons évidemment le temps réel si l'enfant termine avant la fin du temps imparti. Ici aussi, nous obtenons, pour chaque type de mot, un nombre de mots correctement lus en 45 secondes maximum.

## 2. Obtention de scores, d'indices de vitesse et de précision

À la suite de ces différentes épreuves, nous obtenons plusieurs notes. A partir de celles-ci des scores sont calculés puis utilisés pour l'analyse ultérieure des données.

### a. Score d'inhibition

Les trois épreuves évaluant les capacités d'inhibition ont chacune abouti à une note :

- Le test du « Stroop imagé » : le nombre d'items correctement dénommés en 45 secondes donne une note ;
- Le barrage des cloches : le nombre de cloches entourées en 2 minutes donne une note sur 35 ;
- Le cogner-frapper : le nombre d'items réussis donne une note sur 30.

Pour obtenir un score global nous avons simplement additionné ces trois résultats. Ainsi, plus ce score est élevé, meilleures sont les capacités d'inhibition.

### b. Score d'identification des mots écrits

Pour les performances en identification de mots écrits, nous avons différencié deux notions : la vitesse et la précision. Nous avons ainsi calculé deux indices, un de vitesse et un de précision, chacun prenant en compte toutes les épreuves de lecture (hormis la lecture de syllabes).

#### i. Indice de précision

Cet indice ( $ip$ ) est obtenu de cette manière :

$$ip = \frac{\text{nombre de mots correctement lus}}{\text{nombre de mots lus}} \times 100$$

Il résulte de cette formule un pourcentage que l'on pourrait dire d'exactitude. Cet indice est calculé pour toutes les épreuves : lecture du Géant égoïste, lecture de mots irréguliers, lecture de mots réguliers et lecture de pseudo-mots. Quatre indices de précision sont donc obtenus. Pour n'avoir qu'un seul résultat, nous avons fait la moyenne de ces indices. Plus le pourcentage est élevé, meilleure est la performance.

## ii. Indice de vitesse

L'indice de vitesse (iv) est calculé ainsi :

$$iv = \frac{\text{nombre de mots correctement lus} \times \text{temps imparti}}{\text{temps réel de lecture}}$$

Le temps imparti correspond à 2 minutes pour le texte et à 45 secondes pour chaque série de mots. Le temps réel de lecture peut donc être égal au temps imparti ou inférieur. Le score obtenu correspond à un nombre de mots correctement lus. De la même manière que pour l'indice de précision, nous avons calculé la moyenne des quatre indices de vitesse pour n'obtenir qu'un seul résultat. Plus cet indice est élevé, plus rapide est l'enfant.

Ces deux indices sont complémentaires, si l'un des deux est chuté la n'est pas efficace.

Par conséquent, pour chaque enfant, trois données chiffrées ressortent de notre protocole de test :

- Un score des capacités d'inhibition
- Un indice de précision
- Un indice de vitesse

### 3. Phase exploratoire du protocole de test

Pour nous rendre compte de la faisabilité et de la pertinence de nos tests, nous l'avons proposé à 4 enfants avant les bilans initiaux réalisés dans les écoles. Ainsi, 2 enfants scolarisés en CM2 et 2 enfants scolarisés en CE1, chacun répondant aux critères d'inclusion présentés précédemment (hormis l'âge pour les CM2), se sont prêtés au jeu et ont testé notre protocole. Après ce pré-test, nous n'y avons pas apporté de modification.

## IV. Protocole d'entraînement avec le logiciel Inhipido ©

L'objectif de notre expérimentation est d'entraîner la fonction d'inhibition des enfants recrutés. Pour cela, nous souhaitons administrer à chacun un entraînement le plus ciblé et intensif possible. Face aux difficultés que nous aurions pu rencontrer à vouloir réaliser un entraînement à partir d'outils non technologiques (déplacements au domicile des enfants,

nombre de participants et nombre de sessions d'entraînement réduits par des contraintes matérielles...), nous avons décidé de nous aider d'un outil informatisé : Inhipido ©. Ce logiciel a été développé spécialement pour mobiliser les trois temps de l'inhibition décrits par Friedman et Miyake (2004). Ainsi, grâce à cet outil, tous les enfants de chaque groupe de l'essai croisé ont pu être entraînés, sur leur période respective, suivant un protocole identique et calibré, et de manière intensive.

## 1. Présentation des exercices proposés

Le logiciel se compose de quatre types d'exercice : *Interférences*, *Mise à jour*, *Blocage* et *Blocage + Mise à jour*. Pour notre protocole d'entraînement, nous avons sélectionné les deux premiers dans l'idée de cibler le plus possible l'inhibition des interférences. En effet, l'exercice *Interférences* est tout à fait adapté à notre objectif. Nous avons également choisi celui de *Mise à jour* car il fait aussi intervenir le temps d'inhibition des interférences proactives qui est sollicitée dans les tâches de mise à jour en mémoire de travail. Proposer ces deux exercices nous a permis de mettre en place une réelle progression, avec des activités assez variées pour entraîner au mieux les enfants, et maintenir leur motivation au plus haut.

### a. Interférences

L'exercice *Interférences* est le plus simple des deux proposés. En haut de l'écran apparaît une série de 6 jetons, dont un est entouré de rose, c'est la « cible ». Une autre série, également composée de 6 jetons, se trouve en bas de l'écran. L'objectif est de cliquer, dans la série du bas, sur le jeton qui est dans la même position que la cible. La difficulté est qu'un jeton de la série du bas est également entouré de rose, mais ce n'est pas forcément celui sur lequel il faut cliquer. C'est là que se trouve l'interférence.

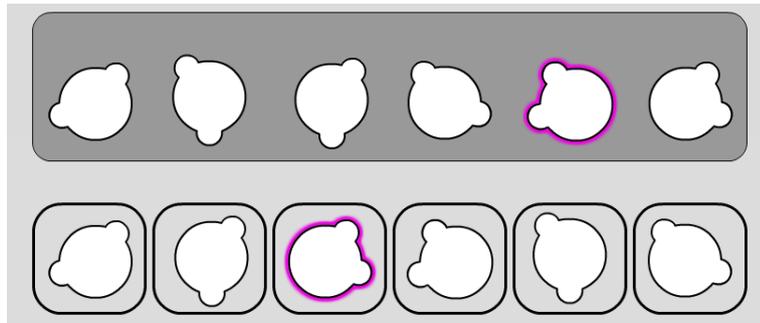


FIGURE 12 : Exemple issu d'un exercice d'interférence. Inhipido ©.

Sur la Figure n° 12 proposée en exemple, il faudrait donc cliquer sur le quatrième jeton en partant de la gauche : il est dans la même position que la cible, bien qu'il ne soit pas entouré de rose.

Pour cet exercice, différents paramètres peuvent être modifiés :

**La modalité** : simple ou complexe. En simple, l'interférence est créée par la seule présence d'autres jetons. En complexe, l'interférence est créée par un halo rose entourant un des jetons de la ligne du bas.

- ▶ Nous avons sélectionné la modalité complexe, la modalité simple s'adressant plutôt à des enfants rencontrant des difficultés avérées d'inhibition.

**La dimension des jetons** : 1, 2 ou fruits. Si l'on sélectionne « 1 dimension », tous les jetons sont gris. Avec « 2 dimension », les jetons sont colorés. Et si l'on sélectionne « fruits », les jetons sont des fruits.

- ▶ Nous avons choisi d'utiliser la dimension 1, pour laquelle tous les jetons sont gris, les deux autres possibilités risquant encore de rendre la tâche trop simple et donc moins ludique pour nos enfants.

**Le nombre de jetons** : de 3 à 6.

- ▶ Nous sommes parties d'office avec 6 jetons.

**Le temps de réponse** : de 2 secondes à temps infini ( $\infty$ ). Cela correspond au temps dont dispose l'enfant pour cliquer sur la réponse, à chaque écran présenté. Nous définissons au départ une valeur de base du temps de réponse, et ensuite, c'est un algorithme de progression qui prend le relais et le gère. Plus l'enfant réussit, plus le temps diminue pour l'inciter à répondre rapidement. Inversement, s'il fait beaucoup d'erreurs, le temps de réponse augmente.

- ▶ Tous les enfants sont partis avec un temps de base de 15 secondes.

**La durée de l'exercice** : de 2 à 10 minutes.

- ▶ Nous avons choisi de paramétrer l'exercice pour qu'il dure 7 minutes. C'est un temps suffisamment long pour requérir une attention soutenue de la part de l'enfant, et donc l'obliger à maintenir sa capacité d'inhibition malgré les risques de dispersion.

**Le retour d'informations** : il permet de définir ce que l'on souhaite donner comme feedback à l'enfant. Cela concerne :

- La présence ou non d'un compte à rebours, qui permet à l'enfant de savoir combien de temps il lui reste pour cliquer sur la réponse ;
  - La présence ou non d'un feedback visuel pour savoir s'il a donné la bonne réponse ou pas (la case sélectionnée s'entoure de vert si la réponse est correcte, de rouge si elle est incorrecte) ;
  - La présence ou pas du nombre total d'erreurs affiché en bas à droite ;
  - La présence ou non d'une jauge permettant de savoir combien de temps il reste avant la fin de l'exercice.
- ▶ Nous avons pris le parti de donner accès aux plus d'informations possible à l'enfant, pour augmenter la quantité des interférences à inhiber.

#### b. Mise à jour

Le second type d'exercice proposé est celui de Mise à jour. Il est un peu plus complexe que le précédent. Un seul jeton apparaît sur un premier écran : c'est la « cible ». L'enfant doit la retenir puis cliquer sur « Suivant ». Sur l'écran qui suit, une nouvelle cible s'affiche en haut, ainsi qu'une série de 6 jetons en bas. L'enfant doit alors retenir la nouvelle cible, puis cliquer, dans la série du bas, sur le jeton identique à la cible de l'écran précédent. Cet exercice met principalement en jeu la mise à jour en mémoire de travail qui fait alors intervenir le temps d'inhibition des interférences proactives, puisqu'à chaque écran qui apparaît, une nouvelle cible doit remplacer la précédente. Egalement, l'enfant doit s'empêcher de cliquer sur le jeton identique à la nouvelle cible.

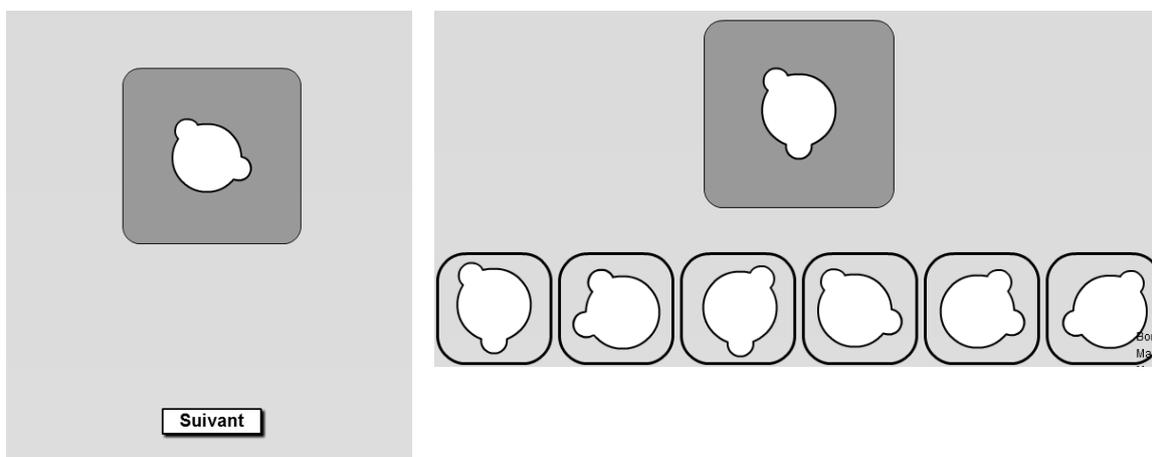


FIGURE 13 : Exemple issu d'un exercice de mise à jour. Inhipido ©.

Sur la Figure n° 13, on voit à gauche un exemple du premier écran : c'est la cible à retenir. A droite, sur le second écran, il faudrait donc retenir la nouvelle cible, avant de cliquer, en bas, sur le quatrième jeton en partant de la gauche.

Comme pour l'exercice d'Interférences, celui-ci est paramétrable sur de nombreux points :

**La modalité** : simple ou complexe. En simple, il n'y a qu'un seul jeton cible à retenir. En complexe, il y en a deux.

- ▶ Ces deux modalités ont été utilisées au fil de la progression de l'entraînement. Nous avons commencé par la modalité simple.

**La dimension des jetons** : 1 ou 2. Avec « 1 dimension », les jetons sont tous gris, avec « 2 dimensions » ils sont colorés.

- ▶ Encore une fois, ces deux dimensions ont été utilisées, la première choisie étant la dimension unique (jetons gris), car en modalité simple (1 seul jeton à retenir), deux dimensions (jetons colorés) auraient été trop facilitantes. C'est lorsque nous sommes passées en modalité complexe (2 jetons à retenir) que nous avons utilisé, dans un premier temps, deux dimensions (jetons colorés), justement pour faciliter l'entrée dans ce niveau.

**Le nombre de jetons** : de 3 à 6.

- ▶ Nous avons commencé par sélectionner 6 jetons, mais au passage en modalité complexe, nous sommes reparties de 4 jetons.

**Le temps de réponse** : de 2 secondes à temps infini ( $\infty$ ).

- ▶ Comme pour le premier exercice, tous les enfants sont partis avec un temps de base de 15 secondes, et c'est ensuite l'algorithme de progression qui a géré ce paramètre.

**La durée de l'exercice** : de 2 à 4 minutes.

- ▶ Nous avons choisi de paramétrer une durée de 4 minutes, la charge mentale étant plus lourde que pour l'exercice d'Interférences.

**Le retour d'informations** : il s'agit des mêmes éléments que pour l'exercice précédent.

- ▶ Nous avons également choisi de donner accès au plus d'informations possible.

**Le décalage** : 1 ou 2. Ce paramètre permet de choisir si l'enfant doit retenir la cible entre un premier et un deuxième écran (N+1) ou entre un premier et un troisième (N+2).

- ▶ Nous avons choisi d'utiliser le décalage 1, le 2 risquant de s'avérer trop complexe pour le court temps d'entraînement dont nous disposions.

## 2. Modalités de l'entraînement

Pour chaque enfant, l'entraînement a duré en tout 4 semaines. Durant les 2 premières, ils se sont entraînés à 4 reprises par semaine, et durant les 2 suivantes, ils sont passés à 5 sessions par semaine. En tout, chaque enfant devait donc réaliser 18 sessions d'entraînement.

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Nombre de sessions à réaliser	4	4	5	5

*TABLEAU 2 : Répartition des sessions d'entraînement*

Nous avons défini, en amont, un modèle de progression précis avec cinq niveaux de difficulté possibles, mais ensuite nous avons fait évoluer l'entraînement au rythme de chaque enfant, cela ne nous semblant pas judicieux de les faire passer à un niveau plus difficile si le niveau en cours n'était pas acquis.

Chacun des cinq niveaux de difficulté est composé d'un exercice différent qui doit être réalisé 4 fois au minimum, avant de permettre à l'enfant de passer au niveau supérieur. Aussi, nous définissons un seuil de passage : sur ces 4 sessions, 2 au moins doivent être réussies, dont la dernière effectuée. Un critère d'arrêt automatique nous permet de définir si chaque session est effectivement réussie ou non : au bout de 6 erreurs en tout, ou de 3 erreurs à la suite, le jeu se stoppe automatiquement, avant la fin de la session, qui n'est alors pas réussie.

Pour rendre cela plus concret, prenons l'exemple du niveau 1 (voir Tableau n°3) : l'enfant réalise, durant la première semaine, 4 sessions d'entraînement sur l'exercice Interférences. Si lors d'une session, il fait plus de 6 erreurs, ou 3 erreurs consécutives, la session s'arrête instantanément : elle n'est pas considérée comme réussie. Sur les 4 sessions qu'il effectue, il doit en réussir au moins 2, dont la dernière. Si c'est le cas, il peut passer au niveau 2, lors de la deuxième semaine. Si ce n'est pas le cas, il entame la deuxième semaine en restant au niveau 1, jusqu'à ce que ce seuil de passage soit atteint.

	PROGRESSION DE BASE				
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
<b>Type</b>	Interférences	Mise à jour	Mise à jour	Mise à jour	Mise à jour
<b>Modalité</b>	Complexe	Simple	Complexe	Complexe	Complexe
<b>Dimension</b>	1	1	2	1	1
<b>Nombre de jetons</b>	6	6	4	4	6
<b>Temps de réponse</b>	15 sec	15 sec	15 sec	15 sec	15 sec
<b>Durée de l'exercice</b>	7 minutes	4 minutes	4 minutes	4 minutes	4 minutes
<b>Retour d'informations</b>	Tous	Tous	Tous	Tous	Tous
<b>Décalage</b>		1	1	1	1

TABLEAU 3 : Progression de base définie en amont pour le protocole d'entraînement sur le logiciel Inhipido ©.

### 3. Déroulement de l'entraînement

#### a. Installation du logiciel

Pour que les enfants aient accès à Inhipido © à domicile, chaque parent a dû installer le logiciel, grâce à des « recommandations » (lien menant au site de téléchargement) que nous avons envoyées depuis notre ordinateur personnel. Ainsi, pour chaque enfant,

individuellement, nous avons paramétré l'exercice selon la progression établie, réalisé la session nous-même (nécessaire pour pouvoir envoyer une recommandation), puis envoyé le lien par mail, permettant l'installation, ainsi qu'une notice détaillant la marche à suivre, étape par étape (Annexe n°5). A ce stade de l'expérimentation, certains parents ont cessé de répondre à nos messages, et leurs enfants ont donc dû être exclus de l'étude. D'autre part, certains ont rencontré des difficultés pour installer le logiciel, mais cela est toujours rapidement rentré dans l'ordre. Dans ce mail, en plus de la notice d'installation, nous avons donné toutes les informations nécessaires à la compréhension globale du protocole (seuil de passage, nécessité de concentration et de calme, nombre de sessions à réaliser...). Les parents ont également eu accès à la Fiche consigne n°1 (Annexe n°6), leur permettant d'expliquer à leur enfant le but du premier jeu. Tout au long de cette étude, il nous a semblé très important de mettre en avant cette notion de « jeu », et c'est en ces termes que nous évoquons systématiquement l'entraînement, pour garder les enfants le plus motivés et investis possible.

#### b. Suivi à distance

Le logiciel Inhipido © a pour avantage de permettre un suivi à distance des résultats de chaque enfant. Ainsi, on peut savoir quel jour a été réalisée une session (cela permet de vérifier que le bon nombre de sessions a effectivement été fait), voir le détail du paramétrage de l'exercice, et voir si la session a été réussie ou non. Une session qui n'est pas réussie apparaît en rouge, une session qui est réussie apparaît en vert.

#### Exercice I : Interférence

Date	Modalité	Jetons	Durée	Nb de jetons	Vitesse	Score	Lieu	
03/03/2016	Complexe	1D	7 min 0 sec	6	∞	14/14	Cabinet	<a href="#">Detail</a>
10/03/2016	Complexe	1D	7 min 0 sec	6	15 sec	36/42	Domicile	<a href="#">Detail</a>
11/03/2016	Complexe	1D	7 min 0 sec	6	∞	63/63	Domicile	<a href="#">Detail</a>
12/03/2016	Complexe	1D	7 min 0 sec	6	15 sec	70/71	Domicile	<a href="#">Detail</a>
13/03/2016	Complexe	1D	7 min 0 sec	6	10 sec	76/78	Domicile	<a href="#">Detail</a>

TABLEAU 4 : Suivi des résultats d'un enfant. Inhipido ©.

Le Tableau n°4 est un bon exemple de ce que l'on peut obtenir lors du suivi à distance des résultats d'un enfant. On voit bien apparaître les différents paramétrages. On observe que la vitesse (c'est-à-dire le temps de réponse) varie effectivement en fonction des scores. Le lieu correspond au poste informatique qui a réalisé la session : lorsqu'est affiché « Cabinet », il s'agit d'une session que nous avons réalisée nous-même avant de pouvoir recommander l'exercice. Pour cet enfant, les 4 premières sessions ont bien été réalisées, et une seule n'a

pas été réussie. Le seuil de passage a donc été atteint : l'enfant a pu passer au niveau 2 dès la deuxième semaine d'entraînement.

Grâce à ce suivi à distance, nous avons pu observer au plus près la progression de chaque enfant, de manière individuelle. Ainsi, nous surveillions le nombre de sessions réussies et pouvions paramétrer un nouveau niveau dès que le seuil de passage était atteint. Également, nous avons pu savoir si les enfants réalisaient assidûment leur entraînement, et si ce n'était pas le cas, nous envoyions un mail de rappel. Aussi, l'observation des scores nous laissait parfois penser que les enfants n'avaient pas compris l'exercice, et dans ce cas nous contactions les parents pour voir avec eux ce qu'il en était.

Quoi qu'il en soit, les 22 enfants qui ont débuté l'entraînement sont allés jusqu'au bout, et ont bien adhéré aux jeux. Parmi eux, 17 ont réellement respecté le protocole et réalisé les 18 sessions prévues. Les 5 autres ont tous au moins réalisé 16 sessions, non pas par manque de volonté mais à cause d'oublis. Nous n'avons eu que des retours positifs de la part des enfants suite à leur entraînement, certains regrettaient même de ne pas pouvoir le faire tous les jours.

#### c. Envoie des fiches consigne

Nous avons réalisé cinq Fiches consigne (Annexes n° 6 à 10) que nous avons envoyées au fur et à mesure aux parents. La première a été envoyée la veille du début de l'entraînement. Les suivantes étaient envoyées lorsque le niveau avait été réussi au moins deux fois sur quatre, dont la dernière, c'est-à-dire lorsque le seuil de passage était atteint.

Chaque Fiche consigne reprend le jeu à faire durant la semaine à venir, de manière détaillée et illustrée, étape par étape. Elle en rappelle également la durée.

Un mail accompagnait chaque fiche, félicitant l'enfant pour son implication, et rappelant aux parents quelques éléments clés : la nécessité de suivre l'entraînement dans un endroit calme, le nombre de sessions à effectuer durant la semaine en cours, et nos coordonnées en cas de besoin. Les échanges avec les parents, qu'ils aient eu lieu par mail ou téléphone, ont été nombreux, réguliers et toujours positifs. En effet, ceux qui avaient décidé de participer à l'étude se sont montrés impliqués du début à la fin. Pour les enfants qui ne pouvaient pas passer au niveau supérieur en fin de semaine, nous envoyions également un mail, ne contenant pas de Fiche consigne mais réexpliquant les modalités de passage au niveau supérieur. Aussi, il était important pour nous de préciser aux parents, pour qu'ils l'expliquent à leur enfant, qu'un jeu non réussi ne devait pas être vécu comme un échec, un stress ou une angoisse, mais plutôt comme un challenge à remporter pour passer au niveau

supérieur. Nous reprecisions alors que les scores obtenus aux différents jeux ne nous importaient pas, mais l'essentiel était que l'enfant s'entraîne aussi bien que possible.

## ANALYSE DES RÉSULTATS

---

Notre démarche expérimentale ayant été retracée de façon détaillée, nous pouvons maintenant en présenter l'issue. Ainsi, dans cette partie sont exposés et étudiés les résultats que nous avons pu recueillir. À travers leur interprétation, nous tentons de mettre en lumière les réponses aux questions qui nous ont guidées tout au long de notre recherche pour parvenir à, finalement, apporter une réponse à nos hypothèses. Dans la partie qui suit, toutes les analyses présentées ont été réalisées à partir du tableur Excel.

### **I. Analyse du lien entre les scores en lecture et en inhibition avant entraînement**

#### **1. Les résultats du premier bilan**

Le premier bilan a eu lieu au mois de décembre 2015 : nous avons évalué les performances en lecture et en inhibition de 34 enfants. Parmi eux, 2 ont obtenu des scores considérés comme pathologiques (inférieurs à -2DS pour la lecture de texte). Nous avons pris la décision de les exclure de notre étude, afin d'éviter que la présence d'un potentiel trouble ne vienne en fausser les résultats. Tous les scores obtenus suite à cette première session d'évaluation (B1, pour Bilan n°1) ont été consignés dans le tableau ci-après :

	LECTURE								INHIBITION					
	Texte		Mots réguliers		Mots irréguliers		Pseudo-mots		Totaux		Stroop	Cloches	Cogner frapper	Total
	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse				
	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	
<b>Tous les enfants</b>														
AF1108A	88,2	60	94,1	16	33,3	4	90,9	10	76,6	22,5	14	22	27	63
EG2505C	92,3	84	79,16	19,4	56,25	9	61,5	8	72,3	30,1	28	24	27	79
AL0502V	91,7	100	95,8	38,3	33,3	9,7	40	8	65,2	39,0	36	29	27	92
EP2112T	94,2	65	77,8	14	25	4	57,1	8	63,5	22,8	36	23	28	87
MM1407A	92,3	60	90,9	10	40	4	72,7	8	74,0	20,5	26	30	27	83
LM2202C	88,4	61	85	17	50	7	69,2	9	73,2	23,5	34	29	27	90
SP2209C	92,2	83	77,3	17	35,7	5	78,5	11	70,9	29,0	25	32	29	86
MKG2804V	100	67	83,3	20	38,9	7	85,7	12	77,0	26,5	25	20	28	73
LP0611V	93,7	89	87,5	31,5	29,2	7,3	66,7	16	69,3	36,0	25	28	28	81
EB3111A	77,4	41	46,7	7	21,4	3	37,5	6	45,8	14,3	31	20	27	78
KHN2805C	98,5	131	100	60	70,8	23,9	95	19	91,1	58,5	38	24	27	89
SA2802C	96,6	175	100	46,9	87,5	26,2	75	15	89,8	65,8	38	31	28	97
GFR2107V	97,9	48	80	8	14,3	1	100	10	73,1	16,8	25	21	24	70
NP2301V	87,7	43	50	6	53,8	7	63,7	7	63,8	15,8	24	24	27	75
HA0801V	84,5	91	66,7	16	36,4	8	68,4	13	64,0	32,0	33	27	26	86
KS2408V	96,4	106	91,7	23	73,7	14	70,6	12	83,1	38,8	27	28	29	84
ME2212C	95,87	93	91,66	27,5	39,13	9	75	15	75,4	36,1	39	18	29	86
LB3012V	93,8	107	95,8	28	33,3	7	80	16	75,7	39,5	33	33	29	95
LM2205A	92,4	110	100	29,2	38,9	7	77,8	14	77,3	40,1	31	29	27	87
MAC0704A	95,6	108	91,7	36,7	58,3	14,6	65	13	77,7	43,1	29	30	25	84
VG0804V	98,8	164	87,5	37,8	45,8	11	65,2	15	74,3	57,0	32	30	29	91
CB2309A	98,4	243	100	83,1	70,8	40,3	95,5	21	91,2	96,9	26	25	26	77
CS1104T	94,6	87	94,7	18	57,1	8	60	9	76,6	30,5	27	21	29	77
AM1709A	96	121	83,3	27,3	41,7	10	63,2	12	71,1	42,6	32	26	27	85
AK1002V	94,2	147	91,7	28,3	41,7	11,8	43,5	10	67,8	49,3	22	24	28	74
LC2712A	96,9	129	91,6	35,3	47,6	10	57,8	11	73,5	46,3	31	29	30	90
MS2002C	95,5	150	91,7	41,25	37,5	14,5	70,8	19,1	73,9	56,2	23	23	26	72
RS1802T	97,4	191	91,7	29,1	58,3	14,3	80	16	81,9	62,6	23	28	23	74
RD2504V	96,7	204	100	51,4	75	26,1	100	29,2	92,9	77,7	31	26	26	83
MC0308C	85,89	67	75	15	31,25	5	30	3	55,5	22,5	19	19	20	58
JB2604C	87,5	84	84,2	16	25	5	63,1	12	65,0	29,3	24	29	28	81
LP0304T	88	66	91,7	26,7	35,3	6	75	9	72,5	26,9	29	21	29	79

TABLEAU 5 : Résultats du bilan initial (B1)

Chaque ligne correspond aux résultats obtenus par un enfant, désigné dans la première colonne par un code d'anonymat. Les scores de toutes les épreuves y sont reportés.

Dans la première partie à gauche du tableau, titrée « LECTURE », sont renseignés les résultats obtenus par les enfants à chacune des épreuves de lecture proposées lors de ce bilan. La colonne « Texte » correspond à la lecture du Géant égoïste et les colonnes « Mots réguliers », « Mots irréguliers » et « Pseudo-mots » renvoient aux mots issus de la BELEC. Les valeurs contenues dans les quatre colonnes « Précision » correspondent à l'indice de précision calculé, pour rappel, grâce à la formule suivante :

$$ip = \frac{\text{nombre de mots correctement lus}}{\text{nombre de mots lus}} \times 100.$$

De même, les valeurs des quatre colonnes « Vitesse » proviennent du calcul de l'indice de vitesse dont la formule est :

$iv = \frac{\text{nombre de mots correctement lus} \times \text{temps imparti}}{\text{temps réel de lecture}}$ . Dans les colonnes sous « Totaux » sont reportés les scores totaux de précision d'une part, et de vitesse d'autre part. Ils correspondent respectivement à la moyenne des quatre précédents.

Dans la seconde partie à droite du tableau, titrée « INHIBITION », sont reportés les résultats que les enfants ont obtenus dans les tâches d'inhibition. Pour rappel, le score du « Stroop imagé » correspond au nombre d'items correctement dénommés en 45 secondes. Celui des « Cloches », sur 35, renvoie au nombre de cloches entourées en 2 minutes. Enfin, le score au « Cognier frapper », sur 30, correspond au nombre d'items réussis. Les scores reportés dans la colonne « Total » correspondent à la somme des résultats obtenus aux trois épreuves d'inhibition.

Il est intéressant de noter quelques données concernant les scores totaux telles que les valeurs extrêmes obtenues ainsi que la moyenne, pour chacun des domaines évalués. Ces éléments sont présentés dans le Tableau n°6 ci-dessous.

	Précision	Vitesse	Inhibition
Valeurs extrêmes	55,5 ; 92,9	14,3 ; 96,9	58 ; 97
Moyenne	73,6	39	81,4

TABLEAU 6 : Données relevées à partir des résultats du bilan initial

Ces deux tableaux présentent les données nécessaires à l'étude de notre première hypothèse. En effet, nous avons supposé que les résultats aux épreuves de lecture et d'inhibition avant entraînement seraient corrélés : les performances d'inhibition des meilleurs lecteurs seraient alors supérieures à celles des moins bons lecteurs. Afin de vérifier cette première proposition, nous avons calculé le coefficient de corrélation qui lie le score en précision au score d'inhibition d'une part, et celui qui existe entre le score de vitesse et le score d'inhibition d'autre part. Toutefois, avant de réaliser ces calculs, nous avons été arrêtées par l'observation des scores en lecture de certains enfants qui nous semblaient trop élevés par rapport à ceux des autres. Il nous a alors semblé nécessaire de réaliser une ultime sélection parmi les individus composant notre échantillon, afin de nous assurer l'obtention de résultats les plus fiables possible.

## 2. Exclusion des individus « extrêmes »

De même que nous avons exclu de l'étude 2 enfants ayant obtenus des scores trop faibles, il était important de prendre en considération, voire exclure, ceux ayant obtenu des scores trop élevés par rapport à leurs camarades, au risque de voir nos résultats dénaturés par leurs performances. Pour cela, nous avons calculé un intervalle de référence de façon empirique, pour la vitesse et la précision, et éliminé les enfants situés au-dessus de 96% dans ces deux domaines. Les 2 individus concernés apparaissent en rouge dans le Tableau n°7.

	Précision	Rang	Pourcentage
EB3111A	45,75	1,00	3,13
MC0308C	55,54	2,00	6,25
EP2112T	63,53	3,00	9,38
NP2301V	63,80	4,00	12,50
HA0801V	64,00	5,00	15,63
JB2604C	64,95	6,00	18,75
AL0502V	65,20	7,00	21,88
AK1002V	67,78	8,00	25,00
LP0611V	69,28	9,00	28,13
SP2209C	70,93	10,00	31,25
AM1709A	71,05	11,00	34,38
EG2505C	72,30	12,00	37,50
LP0304T	72,50	13,00	40,63
GFR2107V	73,05	14,00	43,75
LM2202C	73,15	15,00	46,88
LC2712A	73,48	16,00	50,00
MS2002C	73,88	17,00	53,13
MM1407A	73,98	18,00	56,25
VG0804V	74,33	19,00	59,38
ME2212C	75,42	20,00	62,50
LB3012V	75,73	21,00	65,63
CS1104T	76,60	22,00	68,75
AF1108A	76,63	23,00	71,88
MKG2804V	76,98	24,00	75,00
LM2205A	77,28	25,00	78,13
MAC0704A	77,65	26,00	81,25
RS1802T	81,85	27,00	84,38
KS2408V	83,10	28,00	87,50
SA2802C	89,78	29,00	90,63
KHN2805C	91,08	30,00	93,75
CB2309A	91,18	31,00	96,88
RD2504V	92,93	32,00	100,00

	Vitesse	Rang	Pourcentage
EB3111A	14,25	1,00	3,13
NP2301V	15,75	2,00	6,25
GFR2107V	16,75	3,00	9,38
MM1407A	20,50	4,00	12,50
AF1108A	22,50	5,00	15,63
MC0308C	22,50	6,00	18,75
EP2112T	22,75	7,00	21,88
LM2202C	23,50	8,00	25,00
MKG2804V	26,50	9,00	28,13
LP0304T	26,93	10,00	31,25
SP2209C	29,00	11,00	34,38
JB2604C	29,25	12,00	37,50
EG2505C	30,10	13,00	40,63
CS1104T	30,50	14,00	43,75
HA0801V	32,00	15,00	46,88
LP0611V	35,95	16,00	50,00
ME2212C	36,13	17,00	53,13
KS2408V	38,75	18,00	56,25
AL0502V	39,00	19,00	59,38
LB3012V	39,50	20,00	62,50
LM2205A	40,05	21,00	65,63
AM1709A	42,58	22,00	68,75
MAC0704A	43,08	23,00	71,88
LC2712A	46,33	24,00	75,00
AK1002V	49,28	25,00	78,13
MS2002C	56,21	26,00	81,25
VG0804V	56,95	27,00	84,38
KHN2805C	58,48	28,00	87,50
RS1802T	62,60	29,00	90,63
SA2802C	65,78	30,00	93,75
RD2504V	77,68	31,00	96,88
CB2309A	96,85	32,00	100,00

TABLEAU 7 : Intervalle de référence appliqué aux scores de précision (gauche) et de vitesse (droite)

Cette étape nous a donc amenées à exclure les 2 enfants dont les noms apparaissent en rouge dans le Tableau n°8. Les autres (en noir) constituent alors notre nouvel échantillon.

	LECTURE										INHIBITION			
	Texte		Mots réguliers		Mots irréguliers		Pseudo-mots		Totaux		Stroop	Cloches	Cogner frapper	Total
	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse	Précision	Vitesse				
	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	
<b>Tous les enfants</b>														
AF1108A	88,2	60	94,1	16	33,3	4	90,9	10	76,6	22,5	14	22	27	63
EG2505C	92,3	84	79,16	19,4	56,25	9	61,5	8	72,3	30,1	28	24	27	79
AL0502V	91,7	100	95,8	38,3	33,3	9,7	40	8	65,2	39,0	36	29	27	92
EP2112T	94,2	65	77,8	14	25	4	57,1	8	63,5	22,8	36	23	28	87
MM1407A	92,3	60	90,9	10	40	4	72,7	8	74,0	20,5	26	30	27	83
LM2202C	88,4	61	85	17	50	7	69,2	9	73,2	23,5	34	29	27	90
SP2209C	92,2	83	77,3	17	35,7	5	78,5	11	70,9	29,0	25	32	29	86
MKG2804V	100	67	83,3	20	38,9	7	85,7	12	77,0	26,5	25	20	28	73
LP0611V	93,7	89	87,5	31,5	29,2	7,3	66,7	16	69,3	36,0	25	28	28	81
EB3111A	77,4	41	46,7	7	21,4	3	37,5	6	45,8	14,3	31	20	27	78
KHN2805C	98,5	131	100	60	70,8	23,9	95	19	91,1	58,5	38	24	27	89
SA2802C	96,6	175	100	46,9	87,5	26,2	75	15	89,8	65,8	38	31	28	97
GFR2107V	97,9	48	80	8	14,3	1	100	10	73,1	16,8	25	21	24	70
NP2301V	87,7	43	50	6	53,8	7	63,7	7	63,8	15,8	24	24	27	75
HA0801V	84,5	91	66,7	16	36,4	8	68,4	13	64,0	32,0	33	27	26	86
KS2408V	96,4	106	91,7	23	73,7	14	70,6	12	83,1	38,8	27	28	29	84
ME2212C	95,87	93	91,66	27,5	39,13	9	75	15	75,4	36,1	39	18	29	86
LB3012V	93,8	107	95,8	28	33,3	7	80	16	75,7	39,5	33	33	29	95
LM2205A	92,4	110	100	29,2	38,9	7	77,8	14	77,3	40,1	31	29	27	87
MAC0704A	95,6	108	91,7	36,7	58,3	14,6	65	13	77,7	43,1	29	30	25	84
VG0804V	98,8	164	87,5	37,8	45,8	11	65,2	15	74,3	57,0	32	30	29	91
CB2309A	98,4	243	100	83,1	70,8	40,3	95,5	21	91,2	96,9	26	25	26	77
CS1104T	94,6	87	94,7	18	57,1	8	60	9	76,6	30,5	27	21	29	77
AM1709A	96	121	83,3	27,3	41,7	10	63,2	12	71,1	42,6	32	26	27	85
AK1002V	94,2	147	91,7	28,3	41,7	11,8	43,5	10	67,8	49,3	22	24	28	74
LC2712A	96,9	129	91,6	35,3	47,6	10	57,8	11	73,5	46,3	31	29	30	90
MS2002C	95,5	150	91,7	41,25	37,5	14,5	70,8	19,1	73,9	56,2	23	23	26	72
RS1802T	97,4	191	91,7	29,1	58,3	14,3	80	16	81,9	62,6	23	28	23	74
RD2504V	96,7	204	100	51,4	75	26,1	100	29,2	92,9	77,7	31	26	26	83
MC0308C	85,89	67	75	15	31,25	5	30	3	55,5	22,5	19	19	20	58
JB2604C	87,5	84	84,2	16	25	5	63,1	12	65,0	29,3	24	29	28	81
LP0304T	88	66	91,7	26,7	35,3	6	75	9	72,5	26,9	29	21	29	79

TABLEAU 8 : Résultats au bilan initial - enfants à exclure en rouge

Suite à cette sélection, il est intéressant de reprendre le Tableau n°6 et de remplacer les précédentes données (en gris) par les nouvelles (en noir) :

	Précision	Vitesse	Inhibition
Valeurs extrêmes	55,5 ; 92,9	14,3 ; 96,9	58 ; 97
<b>Valeurs extrêmes</b>	<b>55,5 ; 91,1</b>	<b>14,3 ; 65,8</b>	<b>58 ; 97</b>
Moyenne	73,6	39	81,4
<b>Moyenne</b>	<b>72,4</b>	<b>35,8</b>	<b>81,5</b>
Ecart-type	10	18,9	8,8

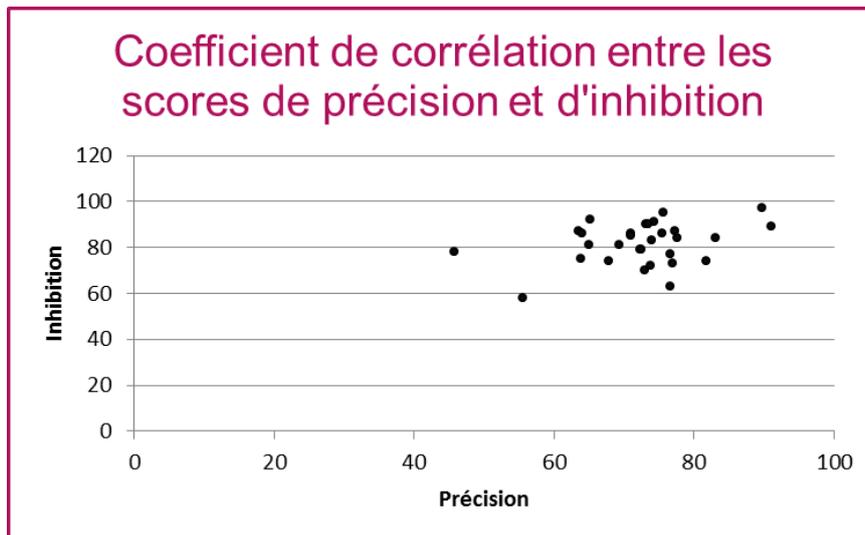
TABLEAU 9 : Évolution des données suite à l'exclusion des extrêmes

C'est à partir de cet échantillon, nouvellement composé de 30 individus (n'ayant toutefois, nous le verrons, pas tous suivi l'entraînement), que nous avons établi les différents coefficients de corrélation qui suivent.

### 3. Coefficient de corrélation précision – inhibition

Le coefficient de corrélation (noté  $r$ ) mesure la relation qui existe entre deux variables. Sa valeur varie entre -1 (corrélation négative) et 1 (corrélation positive). Le coefficient de corrélation peut donc mettre en évidence une corrélation négative ou positive parfaite ( $r = \pm 1$ ) entre deux variables, ou simplement une corrélation positive, négative ou pas de corrélation du tout. En général, un coefficient de corrélation plus grand que 0,8 (positif ou négatif) représente une forte corrélation, tandis qu'un coefficient de corrélation inférieur à 0,5 (encore une fois positif ou négatif) représente une faible corrélation.

Concernant notre échantillon, le coefficient de corrélation a d'abord été calculé, à l'aide du tableur Excel, entre deux variables : les scores de précision et les scores d'inhibition, tous référencés dans le Tableau n°8. Sont utilisées ici les trente valeurs de la colonne « Totaux : précision » d'une part, et les trente valeurs de la colonne « Total inhibition » d'autre part. Le nuage de points associé est exposé ci-après :

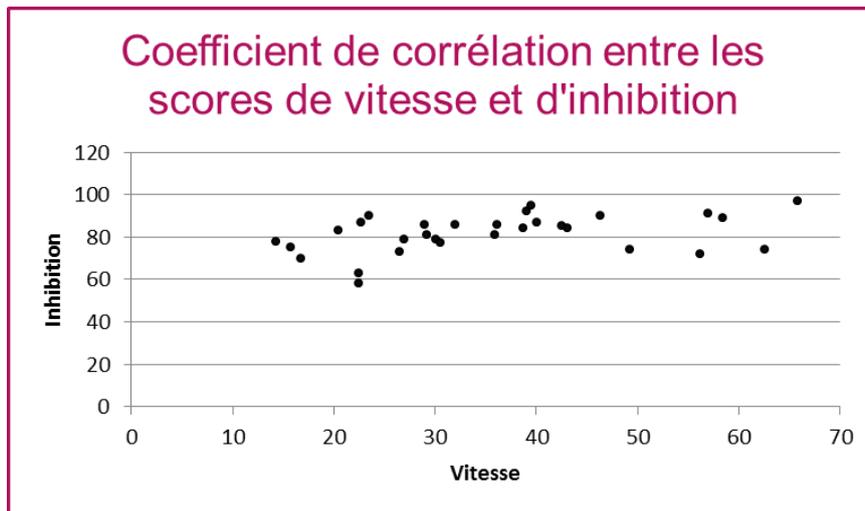


*GRAPHIQUE 1 : Nuage de points - Coefficient de corrélation : scores de précision et d'inhibition*

La valeur du coefficient de corrélation obtenue est  $r = 0,32$ . Il s'agit là d'une corrélation très faible. Ce résultat ne met donc en lumière aucune relation évidente entre le niveau de précision en lecture et le niveau d'inhibition des enfants. Cela signifie que, contrairement à ce que nous supposons au préalable, ceux qui initialement disposent des meilleures capacités d'inhibition ne présentent pas nécessairement une lecture plus précise que les autres, et, à l'inverse, ceux obtenant les moins bons scores dans les tâches requérant l'inhibition ne sont pas forcément moins précis dans leur lecture.

#### 4. Coefficient de corrélation vitesse – inhibition

De même que pour la précision, le coefficient de corrélation entre les scores de vitesse et d'inhibition a été calculé. Pour cela, les valeurs des colonnes « Totaux : vitesse » et « Total inhibition » ont été comparées. La représentation graphique par nuage de points correspondant à ce coefficient de corrélation est présentée ci-après :



*GRAPHIQUE 2 : Nuage de points - Coefficient de corrélation : scores de vitesse et d'inhibition*

La valeur du coefficient de corrélation obtenue est  $r = 0,39$ . Il s'agit également d'une corrélation très faible qui ne nous permet pas de mettre en évidence une relation entre le niveau de vitesse en lecture et le niveau d'inhibition des enfants. Ainsi, malgré notre supposition de départ, ceux qui présentent initialement les meilleures capacités d'inhibition ne lisent pas nécessairement plus vite que les autres, et, à l'inverse, ceux obtenant les moins bons scores d'inhibition ne sont pas forcément moins rapides dans leur lecture.

## **II. Analyse du lien entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition**

### **1. Le protocole en essai croisé**

Afin de vérifier notre deuxième hypothèse, selon laquelle une progression des performances en inhibition des interférences entraînerait une amélioration de la vitesse de lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture, nous avons d'abord proposé aux enfants de suivre un entraînement informatisé de l'inhibition.

Comme expliqué précédemment, le protocole s'est déroulé sous forme d'essai croisé. Pour rappel, chaque groupe de l'essai a été entraîné selon des modalités identiques (durée, fréquence, traitement) mais à deux périodes différentes. Initialement, ce « cross over » se présentait tel que sur la Figure n°5 (page 49) reportée ici :

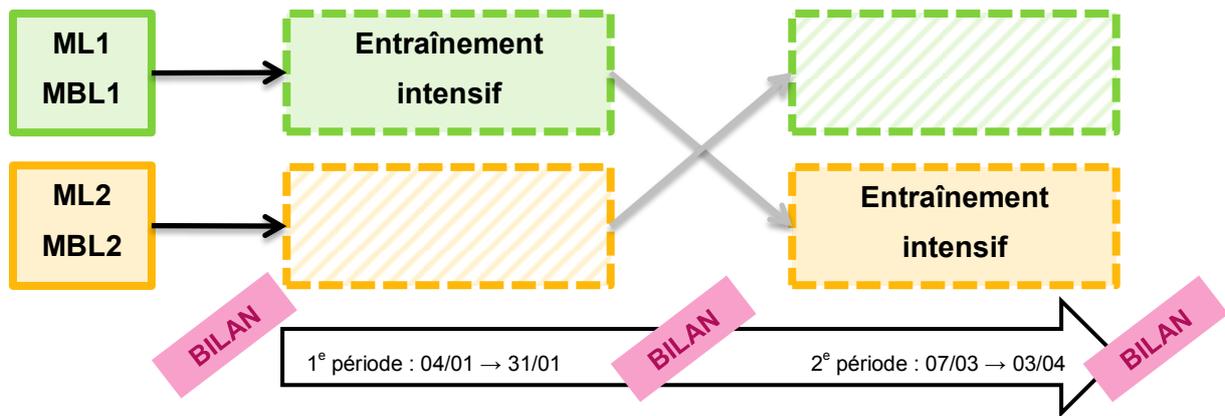


FIGURE 14 : Schématisation initiale de l'essai croisé

Les deux groupes de l'essai croisé (G1 et G2) étaient alors chacun composés de deux sous-groupes : les meilleurs lecteurs (ML, ML1 pour ceux du G1 et ML2 pour ceux du G2) et les moins bons lecteurs (MBL, MBL1 pour ceux du G1 et MBL2 pour ceux du G2). Les deux groupes de l'essai (G1 et G2) étaient appariés de sorte que les moyennes des scores en lecture des ML1 et des ML2 ne présentent pas de différence significative, de même que celles des MBL1 et des MBL2. Nous espérions ainsi pouvoir comparer les résultats obtenus par les enfants selon leur niveau de lecture pour peut-être observer des différences entre les ML et les MBL. Toutefois, deux éléments ont rendu cette séparation en sous-groupes caduque. D'abord, suite à nos premières conclusions, il nous a semblé vain de vouloir séparer les enfants selon leur niveau de lecture, puisque que vraisemblablement celui-ci n'apparaît pas en lien avec leur niveau d'inhibition. Mais surtout, l'appariement entre le groupe 1 et le groupe 2 n'a pu être maintenu du fait d'enfants qui n'ont jamais débuté le protocole d'entraînement et qui ont donc été exclus du suivi. La distinction entre meilleurs et moins bons lecteurs n'a donc pas été conservée. Notre protocole de « cross over » a alors été réduit à deux groupes sans séparation interne, comme représenté sur la Figure n°15 :

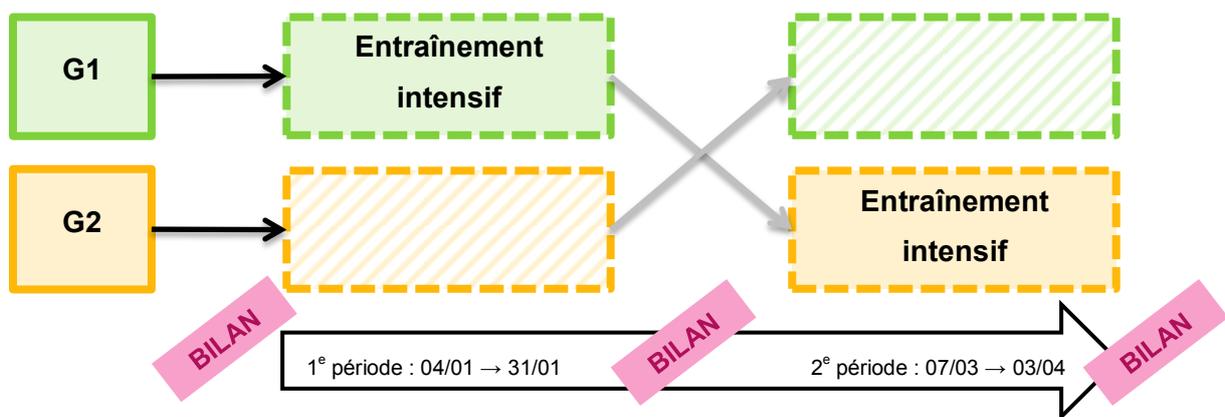


FIGURE 15 : Schématisation finale de l'essai croisé

Aussi, comme nous l'avons expliqué auparavant, notre choix en faveur de l'essai croisé a principalement été guidé par un argument éthique (faire profiter tous les enfants des bénéfices éventuels). Toutefois, nous n'avons pas choisi d'analyser nos résultats à la façon du « cross over ». D'abord, suite aux différentes évaluations réalisées, un effet plafond a été mis en évidence lors des épreuves d'inhibition (il sera développé dans la discussion). Effectivement, certains enfants ne progressaient que très peu parce qu'ils avaient déjà un score élevé au départ. Ensuite, d'autres enfants réalisaient d'énormes progrès, sans que nous ne puissions dire si ceux-ci étaient réellement en lien avec l'entraînement, ou simplement un effet d'apprentissage. Face à ces observations, il nous a semblé vain de vouloir comparer un individu avec lui-même, comme nous souhaitions le faire initialement. Cet aspect de l'essai croisé n'a donc pas été approfondi, et pour ces raisons, nous n'avons exploité que les données recueillies suite aux deux premiers bilans.

Finalement, sur les 32 enfants sélectionnés au départ, 22 ont réellement suivi l'entraînement, parmi lesquels, nous l'avons vu, 2 ont vu leurs résultats écartés suite à la réalisation de l'intervalle de référence. Ainsi, le groupe 1 s'est trouvé composé de 8 enfants, et le groupe 2 de 12 enfants, tous présentant des niveaux initiaux de lecture et d'inhibition variables.

## 2. Les résultats aux évaluations en vitesse et en inhibition

Le tableau suivant répertorie les scores obtenus (vitesse et inhibition) par chacun de ces 20 enfants à toutes les épreuves :



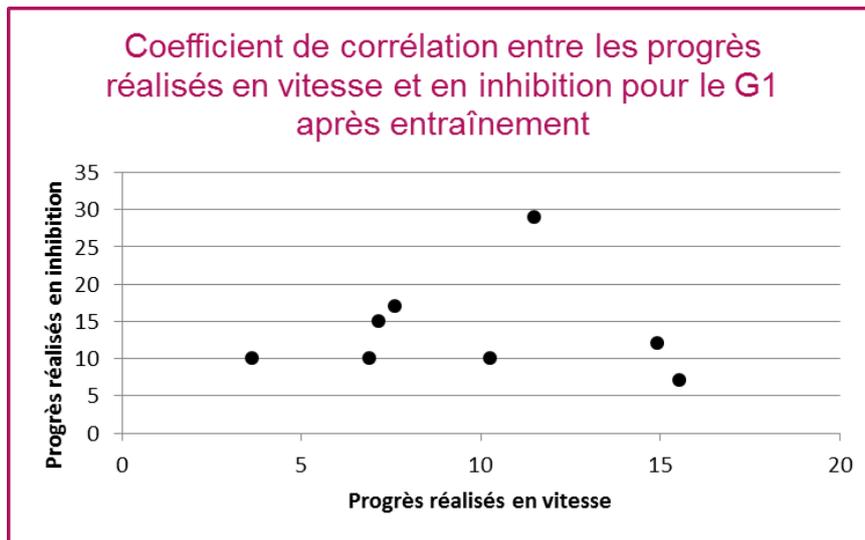
Il convient d'expliquer comment ce tableau a été réalisé :

- Les colonnes B1, B2 et B3 (pour Bilan n°1, 2 et 3) contiennent les résultats obtenus par chacun des enfants aux trois temps de bilan
- Les lignes en pointillé rose (  ) symbolisent la période d'entraînement : pour les enfants du G1 (en haut), l'entraînement a eu lieu entre le premier et le deuxième bilan (la ligne rose est donc entre B1 et B2), pour les enfants du G2 (en bas), il a eu lieu entre le deuxième et le troisième bilan.
- Dans la colonne « Total vitesse » et « Total » sous inhibition :
  - o La moyenne (pour la vitesse) / la somme (pour l'inhibition) des scores de chaque bilan sont reportées respectivement sous B1, B2 et B3.
  - o Les colonnes « Evo » correspondent à l'évolution des scores observée entre le B1 et le B2, puis entre le B2 et le B3. Les colonnes « Evo » encadrées de rose (  ) symbolisent l'évolution observée après l'entraînement (donc entre B1 et B2 pour le G1 et entre B2 et B3 pour le G2). Les colonnes « Evo » encadrées de noir (  ) concernent l'évolution observée après une période sans entraînement.
- La colonne « Evol B3-B1 » correspond à l'évolution observée entre le tout premier bilan et le dernier.

### 3. Lien entre les progrès en vitesse de lecture et les progrès en inhibition après entraînement

Afin de démontrer qu'une amélioration de la fonction d'inhibition entraînait également une progression en termes de vitesse de lecture, nous avons raisonné en comparant les progrès réalisés dans ces deux domaines. Si notre hypothèse était amenée à se confirmer, alors les enfants progressant le plus en inhibition suite à l'entraînement devaient également être ceux qui s'amélioraient le plus en vitesse de lecture. Autrement dit, les progrès en inhibition et en vitesse de lecture devaient être corrélés.

Ainsi, nous avons calculé le coefficient de corrélation existant entre les progrès réalisés en vitesse et en inhibition suite à l'entraînement pour le groupe 1. Pour cela, les valeurs encadrées de rose contenues dans les colonnes « Total vitesse : Evo » et « Total inhibition : Evo » correspondant au G1 ont été utilisées. Le nuage de points associé est présenté ci-après :



*GRAPHIQUE 3 : Nuage de points - Coefficient de corrélation : progrès en vitesse et en inhibition*

Le coefficient de corrélation obtenu est  $r = -0,0003$  soit quasiment  $r = 0$ . Ce résultat démontre clairement l'absence de corrélation entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition. En effet, les enfants qui sont devenus des lecteurs plus rapides ne sont pas forcément devenus de meilleurs inhibiteurs, et inversement, ceux ayant amélioré leurs capacités d'inhibition n'ont pas nécessairement lu plus vite qu'auparavant.

#### 4. Lien entre les progrès en vitesse de lecture et la présence d'un entraînement

Nous l'avons vu, contrairement à ce que nous présumions, les progrès réalisés en termes de vitesse de lecture n'apparaissent pas liés à ceux réalisés en inhibition. Autrement dit, ce n'est pas parce qu'un enfant lit plus rapidement qu'au départ que ses performances en inhibition ont également progressé. Face à ce constat, nous nous sommes alors demandé si les progrès réalisés en vitesse de lecture pouvaient effectivement être attribuables à l'entraînement proposé, ou si même les enfants non-entraînés (c'est-à-dire ceux composant notre population contrôle) présentaient une lecture plus rapide. Pour répondre à cette interrogation, nous avons appliqué le test de khi deux.

Le khi deux est un test statistique qui amène à se prononcer sur le lien qui existe entre deux variables qualitatives : il permet de savoir si elles entretiennent, ou non, une relation statistique. Le principe de ce test est de comparer le tableau original - celui des effectifs réellement observés durant l'enquête - à un tableau pour lequel la distribution est équiprobable - celui des effectifs théoriques, c'est-à-dire qu'on aurait obtenus s'il n'y avait

aucune relation entre les deux variables. Afin d'appliquer le khi deux, il convient de proposer deux hypothèses :

- H0 : il n'y a pas de lien entre les variables progrès et présence d'un entraînement
- H1 : il y a un lien entre les variables progrès et présence d'un entraînement

Nous avons dû définir un « seuil de progrès » afin de pouvoir déterminer, pour chaque enfant, si nous considérons qu'il s'était amélioré ou non. En prenant en compte la progression moyenne de chacun des groupes, nous avons fixé ce seuil à 9. Ainsi, nous avons estimé qu'un enfant n'avait progressé qu'à partir de + 9 points en vitesse de lecture. Les résultats ont été reportés dans le Tableau n°11 des effectifs réels ci-dessous. Ils ont été relevés après le deuxième bilan. Dans la ligne « Entraînés » sont reportés les scores des enfants du groupe 1, qui viennent de suivre l'entraînement, et dans la ligne « Pas entraînés » apparaissent ceux du groupe 2, qui sortent d'une période sans entraînement.

	Progrès : oui	Progrès : non	Total
<b>Entraînés</b>	6	2	8
<b>Pas entraînés</b>	6	6	12
<b>Total</b>	12	8	20
<b>Pourcentage</b>	60,0%	40,0%	

*TABEAU 11 : Effectifs réels pour le khi deux - Vitesse*

Ensuite, nous avons réalisé le Tableau n°12 des effectifs théoriques, c'est-à-dire ceux qui auraient été observés si aucune relation n'existait entre nos deux variables. À partir de celui-ci, nous avons pu obtenir la valeur du khi deux.

	Progrès : oui	Progrès : non	Total
<b>Entraînés</b>	4,80	3,20	8
<b>Pas entraînés</b>	7,20	4,80	12
<b>Total</b>	12	8	20

*TABEAU 12 : Effectifs théoriques pour le khi deux - Vitesse*

La valeur du khi deux calculé doit alors être comparée au khi deux théorique égal, pour un degré de liberté fixé à 1 avec un seuil de probabilité de 5 %, à 3,84 (cette valeur est calculée automatiquement en insérant les paramètres « degré de liberté » et « seuil de probabilité » dans Excel). Selon la règle d'application de ce test, si la valeur de notre khi deux est supérieure à 3,84, alors l'hypothèse H0 est rejetée, c'est-à-dire qu'il existe un lien entre nos deux variables.

La valeur calculée de notre khi deux est égale à 1,25. Elle est donc inférieure à 3,84. L'hypothèse H0 ne peut donc pas être rejetée. Autrement dit, le résultat obtenu ne nous permet pas de conclure qu'il y a un lien entre la réalisation de l'entraînement et l'amélioration de la vitesse de lecture.

### **III. Analyse du lien entre les progrès réalisés en précision et en inhibition**

La même démarche que précédemment a été utilisée pour tenter de démontrer qu'une amélioration de la fonction d'inhibition entraînait également une progression en lecture, au niveau de la précision. Nous avons donc comparé les progrès réalisés dans ces deux domaines afin de vérifier l'existence d'une possible corrélation positive.

#### **1. Les résultats aux évaluations en précision et en inhibition**

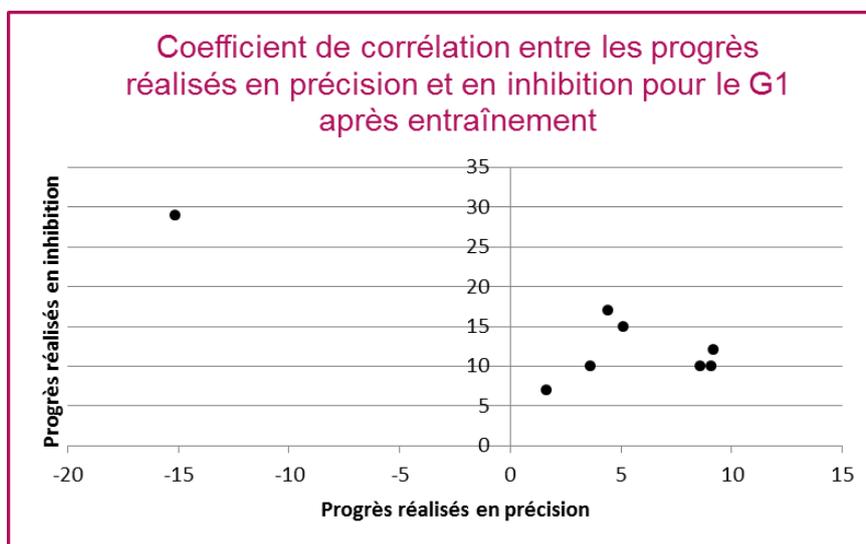
Le tableau suivant retrace les scores obtenus (précision et inhibition) par chacun des enfants à toutes les épreuves :

LECTURE														INHIBITION																																	
Texte							Pseudo-mots							Evol B3-B1							Total																										
Précision			/lots réguliers				lots irréguliers				Total précision			Evol B3-B1			Cloches				Stroop				Cogner frapper				Total																		
B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
GROUPE 1																																															
AF1108A	88	92	95	94	82	91	33	41	54	91	31	92	77	62	-15	83	22	6,375	14	33	35	22	32	31	27	27	28	63	92	29	94	2	31														
EG2505C	92	94	95	79	88	96	56	68	70	62	60	78	72	77	5,1	85	7,3	12,3475	28	34	34	24	30	32	27	30	29	79	94	15	95	1	16														
AL0502V	92	96	95	96	92	92	33	38	46	40	70	92	65	74	8,6	81	7,2	15,775	36	42	34	29	32	31	27	28	28	92	102	10	93	-9	1														
ME2212C	96	94	98	92	92	100	39	48	54	75	82	91	75	79	3,6	86	6,7	10,285	39	45	49	18	22	29	29	29	28	86	96	10	106	10	20														
LB3012V	94	96	98	96	92	88	33	45	63	80	77	70	76	77	1,6	79	2	3,6	33	41	46	33	33	32	29	28	29	95	102	7	107	5	12														
LM2205A	92	97	98	100	96	100	39	55	80	78	79	75	77	82	4,4	88	6,7	11,075	31	43	47	29	35	34	27	26	29	87	104	17	110	6	23														
MAC0704A	96	99	95	92	96	100	58	75	83	65	78	74	78	87	9,2	88	1,3	10,425	29	35	35	30	33	34	25	28	28	84	96	12	97	1	13														
VG0804V	99	97	99	88	100	96	46	50	67	65	87	75	74	83	9,1	84	0,6	9,675	32	42	47	30	30	33	29	29	30	91	101	10	110	9	19														
GROUPE 2																																															
EP2112T	94	98	95	78	96	83	25	53	46	57	69	79	64	79	15	76	-3	12,125	36	44	46	23	32	31	28	26	29	87	102	15	106	4	19														
MM1407A	92	90	96	91	75	83	40	46	38	73	46	50	74	64	-10	67	2,6	-7,225	26	36	28	30	30	33	27	27	25	83	93	10	86	-7	3														
LM2202C	88	93	91	85	83	92	50	47	78	69	46	67	73	67	-6	82	15	8,775	34	35	35	29	30	33	27	27	27	90	92	2	95	3	5														
SP2209C	92	92	96	77	88	92	36	25	54	79	62	83	71	67	-4	81	15	10,225	25	35	33	32	33	35	29	28	29	86	96	10	97	1	11														
MKG2804V	100	99	98	83	100	100	39	57	60	86	80	100	77	84	7	89	5,5	12,5	25	34	36	20	20	29	28	28	29	73	82	9	94	12	21														
LP0611V	94	96	98	88	96	100	29	35	63	67	68	73	###	74	4,5	83	9,6	14,1	25	31	30	28	23	24	28	27	28	81	81	0	82	1	1														
CS1104T	95	96	97	95	96	100	57	82	80	60	91	79	77	91	15	89	-2	12,375	27	32	34	21	27	25	29	29	29	77	88	11	88	0	11														
AM1709A	96	97	97	83	96	100	42	50	75	63	77	83	71	80	8,8	89	8,9	17,675	32	37	32	26	29	30	27	28	28	85	94	9	90	-4	5														
AK1002V	94	98	94	92	96	92	42	58	58	44	62	50	68	78	11	74	-5	5,775	22	26	25	24	31	31	28	29	29	74	86	12	85	-1	11														
LC2712A	97	94	97	92	96	96	48	58	58	58	78	62	73	82	8,1	78	-3	4,675	31	35	42	29	34	34	30	28	28	90	97	7	104	7	14														
MS2002C	96	98	99	92	100	100	38	75	79	71	63	71	74	84	10	87	3,3	13,375	23	32	31	23	23	29	26	28	27	72	83	11	87	4	15														
RS1802T	97	98	97	92	92	92	58	50	67	80	60	67	82	75	-7	80	5,6	-1,45	23	33	36	28	29	29	23	25	25	74	87	13	90	3	16														

TABLEAU 13 : Scores de précision et d'inhibition

## 2. Lien entre les progrès en précision et les progrès en inhibition après entraînement

Pour tenter de démontrer qu'une amélioration de la fonction d'inhibition entraînait également une progression en termes de précision, nous avons calculé le coefficient de corrélation existant entre les progrès réalisés en précision et en inhibition suite à l'entraînement pour le groupe 1. Pour cela, les valeurs encadrées de rose contenues dans les colonnes « Total précision : Evo » et « Total inhibition : Evo » correspondant au G1 ont été utilisées. Le nuage de points associé est présenté ci-dessous :



GRAPHIQUE 4 : Nuage de points - Coefficient de corrélation : progrès en précision et en inhibition

Le coefficient de corrélation obtenu est  $r = -0,8$ , soit une corrélation négative forte. Toutefois cette valeur doit être tempérée et considérée avec précaution car la donnée aberrante qui apparaît à gauche de l'axe des ordonnées (correspondant à un enfant ayant beaucoup progressé en inhibition mais régressé à nos tests de lecture) fait nécessairement varier le résultat obtenu, en tranchant singulièrement avec le reste de l'échantillon. D'ailleurs, si cette donnée est écartée, le nouveau coefficient de corrélation est  $r = 0,07$  soit quasiment  $r = 0$ . Quoi qu'il en soit, ces résultats ne vont pas dans le sens d'une corrélation positive entre les progressions réalisées en précision et en inhibition comme nous l'attendions. En effet, les enfants qui ont acquis une lecture plus précise ne sont pas forcément de meilleurs inhibiteurs, et inversement, ceux ayant amélioré leurs capacités d'inhibition n'ont pas nécessairement lu en réalisant moins d'erreurs qu'auparavant.

### 3. Lien entre les progrès en précision et la présence d'un entraînement

Comme nous venons de le voir, les progrès réalisés en termes de précision n'apparaissent pas liés à ceux réalisés en inhibition. Autrement dit, ce n'est pas parce qu'un enfant lit en faisant moins d'erreurs qu'au départ que ses performances en inhibition ont également progressé. Ainsi, dans la même démarche que précédemment pour la vitesse de lecture, nous nous sommes demandé si les progrès réalisés en précision pouvaient effectivement être attribués à l'entraînement de l'inhibition, ou si au contraire les enfants non-entraînés présentaient également de meilleures performances en précision lors de la deuxième évaluation. Nous avons donc à nouveau appliqué le test de khi deux.

Pour rappel, il convient de proposer deux hypothèses :

- H0 : il n'y a pas de lien entre les variables progrès et présence d'un entraînement
- H1 : il y a un lien entre les variables progrès et présence d'un entraînement

De la même manière que précédemment, nous avons défini un « seuil de progrès » pour la précision. En prenant en compte la progression moyenne de chacun des groupes, nous avons fixé ce seuil à 3 %. Ainsi, nous avons estimé qu'un enfant n'avait progressé qu'à partir d'une amélioration de + 3 % en précision. Les résultats relevés après le deuxième bilan ont été reportés dans le Tableau n°14 des effectifs réels ci-dessous. Dans la ligne « Entraînés » apparaissent les scores des enfants du groupe 1 (qui viennent de suivre l'entraînement), et dans la ligne « Pas entraînés » apparaissent ceux du groupe 2 (qui n'ont pas encore été entraînés).

	Progrès : oui	Progrès : non	Total
Entraînés	6	2	8
Pas entraînés	8	4	12
Total	14	6	20
Pourcentage	70,0%	30,0%	

*TABLERAU 14 : Effectifs réels pour le khi deux - Précision*

Ensuite, nous avons pu obtenir le Tableau n°15 des effectifs théoriques, c'est-à-dire ceux qui auraient été observés si aucune relation n'existait entre nos deux variables. À partir de celui-ci, nous avons pu obtenir la valeur du khi deux, qui doit alors être comparée au khi deux théorique (toujours égal à 3,84 pour un degré de liberté fixé à 1 avec un seuil de probabilité de 5 %).

	Progrès : oui	Progrès : non	Total
Entraînés	5,60	2,40	8
Pas entraînés	8,40	3,60	12
Total	16	4	20

*TABLEAU 15 : Effectifs théoriques pour le khi deux - précision*

La valeur obtenue pour notre khi deux est égale à 0,16. Elle est inférieure à 3,84. Ainsi, l'hypothèse H0 ne peut pas être rejetée, c'est-à-dire que le résultat obtenu ne nous permet pas de conclure qu'il y a un lien entre la réalisation de l'entraînement et l'amélioration de la précision.

## DISCUSSION

---

Après un bref rappel des objectifs de ce mémoire de recherche, nous ferons un retour sur nos hypothèses afin de les mettre en lien avec les résultats analysés jusqu'ici. Ensuite, nous discuterons des difficultés rencontrées durant ce protocole de recherche. Nous proposerons également une réflexion méthodologique concernant le travail accompli. Enfin, nous conclurons en évoquant les apports personnels que nous a prodigués ce mémoire, et les perspectives qu'il ouvre.

### I. Synthèse des résultats selon nos objectifs et hypothèses

#### 1. Les objectifs de départ

Ce mémoire est né de notre intérêt pour les fonctions exécutives, et des données de la littérature soulignant le rôle essentiel de la fonction d'inhibition dans le développement cognitif de l'enfant, les apprentissages, et notamment, celui de la lecture. Ainsi, notre objectif était de mettre en lumière le fait qu'améliorer la fonction d'inhibition d'enfants apprentis-lecteurs (à l'aide d'un entraînement spécifique) pourrait leur prodiguer un bénéfice et donc leur permettre d'acquérir une lecture plus rapide et plus précise. Notre protocole de recherche a été mené auprès de 32 enfants normo-lecteurs scolarisés en CE1, dont 22 l'ont réalisé intégralement.

#### 2. Première hypothèse

Notre première hypothèse était la suivante :

**Nous supposons que les résultats aux épreuves de lecture et d'inhibition avant entraînement sont corrélés : les performances d'inhibition des meilleurs lecteurs sont supérieures à celles des moins bons lecteurs.**

Les résultats analysés précédemment ne nous permettent pas de valider cette hypothèse. En effet, nous ne pouvons démontrer l'existence d'une corrélation évidente entre le niveau de lecture des enfants de CE1 (en termes de vitesse et de précision) et leur niveau d'inhibition. Ce n'est pas parce qu'un enfant lit de manière plus précise ou plus rapide qu'il est un meilleur inhibiteur, et inversement.

### 3. Deuxième hypothèse

Notre deuxième hypothèse se présentait ainsi :

**Nous supposons que si l'on permet une amélioration de sa fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la vitesse de lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.**

À partir des résultats que nous avons étudiés, nous pouvons tirer deux conclusions essentielles. D'une part, aucune corrélation entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition n'a pu être mise en évidence. Ensuite, les progrès accomplis en vitesse de lecture ne semblent pas liés à la réalisation de l'entraînement de l'inhibition, puisque les enfants non-entraînés n'ont pas significativement moins progressé que les enfants entraînés. Cette amélioration pourrait donc davantage être en lien avec l'évolution naturelle du niveau de lecture des enfants de CE1. Ainsi, notre deuxième hypothèse ne peut être validée.

### 4. Troisième hypothèse

Enfin, notre dernière hypothèse était celle-ci :

**Nous supposons que si l'on permet une amélioration de la fonction d'inhibition des interférences, cela améliore la précision en lecture de l'enfant de CE1, quel que soit son niveau de lecture.**

De nouveau, deux déductions peuvent être faites à partir de l'étude des résultats présentée. D'abord, nous n'avons pas pu mettre en évidence la présence d'une corrélation entre les progrès réalisés en précision et en inhibition. Enfin, les progrès accomplis en précision ne semblent pas liés à la réalisation de l'entraînement de l'inhibition, puisque les enfants non-entraînés n'ont pas significativement moins progressé que les enfants entraînés. Cette amélioration pourrait donc plutôt être attribuée à la l'évolution naturelle du niveau de lecture des enfants de CE1. Cette dernière hypothèse ne peut donc pas être validée.

## II. Difficultés rencontrées

Ce projet réalisé dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude s'est déroulé sur un an et demi. Au cours de cette période, nous avons pu être confrontées à certaines difficultés, à quelques imprévus et autres contretemps et surprises. Les parties suivantes les exposeront.

### 1. Recrutement de la population

Le recrutement de notre population a été jalonné d'obstacles de par le nombre important d'autorisations dont nous avons besoin. Ainsi, les enseignantes concernées, les directrices d'école puis les inspecteurs académiques ont dû donner leur aval les uns après les autres pour que nous puissions finalement solliciter les parents. De cette manière, nous avons pu contacter cinq classes de CE1, soit plus de 90 enfants. Cette première approche s'est effectuée par le biais d'un courrier explicatif transmis par les enseignantes, qui nous permettait d'une part d'expliquer notre projet (il devait donc être suffisamment complet mais aussi accessible à tous), et d'autre part de contrôler les critères d'inclusion de notre population grâce au questionnaire. Cette démarche ne semble pas avoir été comprise par tout le monde. En effet, certains parents ont donné à leur enfant l'autorisation de participer mais n'ont jamais donné suite malgré nos relances.

### 2. Lourdeur du protocole

Par ailleurs, au cours de nos échanges avec les parents nous avons perçu les aspects de notre protocole qui pouvaient les inquiéter. Tout d'abord, le fait que l'entraînement soit informatisé semble en avoir effrayé certains, de même que l'important investissement nécessaire à l'étude : 3 évaluations et 4 semaines d'entraînement quasi-quotidien à domicile.

Également, au cours de la période de recrutement, nous avons été confrontées à un problème d'ordre pratique qui nous a contraintes à ne pas inclure certains enfants malgré l'autorisation de leurs parents : chacun devait avoir accès à un même ordinateur pendant toute la période d'entraînement, ce qui ne permettait donc pas d'inclure les enfants en garde alternée.

### 3. Gestion de l'entraînement à distance

Soulignons que sans ce logiciel informatisé nous n'aurions pas pu inclure autant d'enfants dans notre étude : le déplacement à domicile pour réaliser l'entraînement, à la fréquence exigée, nous aurait contraintes à un plus faible échantillon. Pour autant, cette gestion à distance de l'entraînement s'est avérée délicate sur certains points. Tout d'abord, l'installation du logiciel a pu poser quelques difficultés pour certains, entraînant un retard au début de l'entraînement. Également, son suivi, l'envoi de nouvelles consignes et autres se sont effectués par mail (et/ou par téléphone si besoin), ainsi, une certaine maîtrise du français était nécessaire pour les parents (malgré les consignes précisées par des schémas explicatifs). De ce fait, des familles d'origine étrangère ne maîtrisant pas ou peu le français n'ont jamais installé le logiciel. Nous n'avons donc pas pu inclure tous les parents et enfants volontaires.

### 4. Changement des régions

Outre ces difficultés propres à notre méthodologie, nous avons rencontré des complications liées à des modifications « régionales ». En effet, pour établir un calendrier des périodes d'entraînement et d'évaluation, nous nous étions basées sur le calendrier scolaire et ses vacances. Ainsi, nous avons la possibilité de proposer deux entraînements de 5 semaines chacun, suivis d'une semaine réservée à l'évaluation, cela sans empiéter sur les vacances (période que nous ne pensions pas propice à un entraînement régulier). Or, nos prévisions ont été mises à mal par le changement des régions qui a, de fait, entraîné un changement de zone et donc de vacances scolaires. Ce changement ne nous permettait plus de bénéficier de 6 semaines consécutives mais seulement de 5. Nous nous en sommes aperçues relativement tard puisque la première période d'entraînement avait déjà commencé. Nous avons alors décidé de réduire les deux périodes d'entraînement à 4 semaines mais en proposant 5 entraînements hebdomadaires sur les 2 dernières semaines (au lieu des 4 lors des 2 premières semaines d'entraînement) : ceci pour tenter de garder les bénéfices attendus d'un entraînement intensif et pour respecter au mieux l'évolution prévisionnelle du logiciel, tout en proposant aux deux groupes les mêmes modalités d'entraînement. Après concertation avec les parents, cette proposition a été retenue et chacun a pu s'organiser pour réaliser les 5 séances hebdomadaires durant les 2 dernières semaines.

### III. Réflexions méthodologiques sur notre étude

Malgré ces quelques difficultés, l'entraînement s'est déroulé dans de bonnes conditions et nous avons pu extraire des résultats de nos évaluations. Pour autant, des limites à leur interprétation ont émergé. Ci-après, nous présentons une réflexion méthodologique des différents points constituant notre étude et ayant pu influencer les résultats obtenus et leur analyse.

#### 1. Concernant notre protocole de test

Au cours de cette étude, nous avons été amenées à élaborer un protocole de test. Ce dernier a été conçu de manière à pouvoir, grâce aux résultats en découlant, répondre aux hypothèses émises en amont. Ce fut le cas, mais nous relevons tout de même quelques limites que nous exposons ci-dessous.

##### a. Efficacité de ce protocole

Notre objectif avec ce protocole de test était d'évaluer d'une part, la lecture (en vitesse et précision), et d'autre part, l'inhibition.

##### - Lecture

Pour tester la lecture nous avons sélectionné des épreuves présentes au sein de différentes batteries de tests. Elles nous ont permis d'évaluer la précision et la vitesse sur une lecture isolée de mots (réguliers, irréguliers et des pseudo-mots) et sur une lecture de texte. De cette manière nous avons pu obtenir un score assez représentatif de ces deux aspects de la lecture étudiés ici.

##### - Inhibition

En revanche pour l'inhibition, les épreuves existantes ne nous ont pas donné entière satisfaction pour cette tranche d'âge ou bien nous ne pouvions y avoir accès. Aussi, notons que comme pour le concept des fonctions exécutives, les différents tests ne font pas consensus et n'évaluent pas une fonction isolée. C'est pourquoi nous avons opté pour la création d'un « Stroop imagé » en plus des épreuves du Cognier – Frapper (NEPSY) et du barrage des cloches (BALE), pour être, à notre sens, le plus complètes possible dans l'évaluation de cette fonction. Pour autant, même si le principe du Stroop est bien connu pour évaluer la capacité d'inhibition, l'efficacité de notre « Stroop imagé » n'a pas été démontrée. Ainsi, au vu de ces précisions, il convient d'être prudent quant à l'interprétation des résultats obtenus à ces tests.

- Effet plafond

Aussi, les épreuves utilisées, notamment les épreuves d'inhibition, ont pu révéler un effet plafond chez notre population de normo-lecteurs. Ainsi, des enfants ayant obtenus de très bons scores dès le bilan initial n'ont pas eu une progression significative, leurs scores ayant peu évolué. Cela a donc pu nous empêcher d'objectiver une éventuelle amélioration des performances et donc de mettre en évidence une corrélation entre les progrès en inhibition et en lecture.

- Analyse de l'essai croisé

Si les progrès de chaque groupe sur la première période ont pu être attribués soit à l'enseignement couplé à notre entraînement (G1), soit à l'enseignement seul (G2, progression considérée normale), après le troisième et dernier bilan (et donc l'entraînement du G2), nous ne pouvions plus établir de différence entre tous les résultats. En effet, nous ne disposons plus de population contrôle. Nous n'avons donc analysé que les résultats recueillis lors des deux premières sessions de test.

b. Effet re-test

Comme évoqué précédemment, nos 3 sessions de tests ont eu lieu sur une période assez courte, avec un délai d'environ 2 mois entre chacune d'elles. Pour objectiver les effets ou non de l'entraînement, les épreuves étaient identiques aux 3 sessions. Quelques enfants ont dit se rappeler des épreuves d'inhibition. Notamment pour l'épreuve du Cogner-Frapper, cela a pu ajouter une difficulté : ils anticipaient le changement de consigne et donc se trompaient. Nous ne pouvons pas affirmer que cet effet re-test n'a pas aussi pu entraîner un certain apprentissage. Or, nous savons que les fonctions exécutives sont décrites dans la littérature comme entrant en jeu dans les situations nouvelles, pour lesquelles il n'existe pas de procédure automatisée. Cet effet re-test, très présent particulièrement dans l'évaluation de l'inhibition, a donc pu avoir des conséquences variables selon les enfants et selon les épreuves. Gardons tout de même à l'esprit cet aspect de l'évaluation pour l'analyse des résultats obtenus aux bilans intermédiaire et final.

c. Analyse des erreurs

Dans l'interprétation des résultats que nous avons présentés antérieurement, nous n'avons utilisé que les scores chiffrés obtenus aux épreuves. Il aurait éventuellement pu être intéressant d'analyser le type d'erreur réalisé. En lecture particulièrement, nous aurions pu

séparer les erreurs d'adressage et celles d'assemblage pour tenter de dégager une amélioration plus importante dans un cas que dans l'autre et ainsi affiner notre étude.

## 2. Concernant le protocole d'entraînement

Le protocole d'entraînement que nous avons choisi d'appliquer présente pour notre étude divers intérêts, mais aussi quelques faiblesses. Nous exposons ses différentes facettes ci-après.

### a. Entraînement individuel informatisé

Pour répondre à nos hypothèses, nous avons fait le choix d'utiliser un logiciel informatisé. Cet outil présentait divers avantages pour notre étude. Tout d'abord, comme dit précédemment, il nous a permis d'avoir un certain nombre de sujets dans notre échantillon, même si ceux-ci se trouvaient hors du département. Par ailleurs, nous avons pu prétendre à un entraînement intensif avec 4 à 5 sessions par semaine. Ainsi les parents pouvaient aménager le planning des sessions à réaliser selon leur emploi du temps familial, ce qui leur laissait une liberté d'organisation et enlevait une certaine contrainte.

Outre ces avantages d'ordre pratique, ce logiciel permet une adaptation des sessions selon les performances de chaque sujet. En effet, le temps de réponse s'ajuste de manière individuelle. Également, nous avons fait le choix de ne faire passer l'enfant au niveau supérieur que lorsque l'on pouvait considérer que le niveau était acquis (nous avons arbitrairement décidé qu'un niveau était acquis après au moins 2 sessions réussies sur 4, dont la dernière), pour ne pas le mettre en difficulté et présenter un entraînement le plus cohérent possible pour chacun. Ces aspects adaptatifs conjugués au paramétrage calibré de cet outil nous ont semblé pertinents pour notre étude. En outre, nous nous sommes rendu compte que l'outil informatique plaisait beaucoup aux enfants et les motivait.

### b. Entraînement à domicile en autonomie

Il est important de rappeler que le protocole d'entraînement a été essentiellement basé sur un partenariat avec les parents. Ils ont été l'intermédiaire entre nous et les enfants, les garants du bon déroulement de l'entraînement, de la compréhension des consignes, etc. Pour autant, malgré nos recommandations, nous ne pouvions contrôler toutes les modalités de l'entraînement, nous ne pouvions donc pas non plus garantir les mêmes conditions

d'entraînement pour tous. Cette variabilité interindividuelle a pu biaiser l'efficacité et l'uniformité de l'entraînement.

Concernant l'assiduité de la réalisation des sessions, nous pouvons considérer notre objectif atteint. En effet, sur 22 sujets entraînés 17 ont totalement respecté la fréquence et la quantité des entraînements, soit 18 sessions. Les 5 autres en ont réalisé au minimum 16. Notons également que certains enfants ont déploré le fait de ne pouvoir faire « que » 4 ou 5 sessions hebdomadaires.

#### c. Influence de la Mise à Jour en mémoire de travail dans les paramétrages de l'entraînement

L'entraînement a été organisé de manière à respecter une certaine progression. Dès la deuxième semaine, la tâche s'est compliquée et nous avons introduit un exercice d'inhibition des interférences faisant fortement intervenir la mise à jour en mémoire de travail. Au cours de l'entraînement nous nous sommes rendu compte que certains enfants ne réussissaient pas ces exercices-là (rappelons qu'un exercice est considéré comme réussi quand le sujet fait moins de 3 erreurs consécutives ou 6 erreurs au total). En effet, la charge cognitive nécessaire à cette tâche étant plus importante, quelques sujets se sont trouvés bloqués à ces niveaux. Bien que ces enfants aient continué l'entraînement à la fréquence déterminée, nous pouvons supposer que la difficulté présentée par l'exercice ne leur a pas permis de progresser, et que donc leur fonction d'inhibition n'a pas été entraînée autant que nous l'aurions souhaité.

### 3. Concernant la population

Le recrutement de notre population d'étude a été induit par les caractéristiques que nous avons définies, telles que l'âge et le fait qu'il s'agisse de normo-lecteurs. Celles-ci nous ont donc amenées à aller chercher les sujets directement dans les écoles. Voyons ici les limites inhérentes à cet échantillon.

#### a. Faible échantillon

Au cours de ce mémoire de recherche nous avons pu réunir 34 sujets ayant au moins réalisé l'évaluation initiale et parmi ceux-ci, 22 ont participé à l'entraînement. Cet échantillon réduit nous oblige à prendre les résultats obtenus avec précaution et à remettre en question leur significativité.

#### b. Choix de la population : enfants de CE1

Nous avons choisi une population composée d'enfants scolarisés en CE1 car leur lecture n'est pas encore automatisée et nécessite donc davantage un recours aux fonctions exécutives. Pourtant, parmi les sujets inclus dans notre étude nous avons pu remarquer que 2 d'entre eux présentaient une lecture que l'on pourrait qualifier d'experte et d'automatisée. Nous avons d'ailleurs pris le parti de les exclure afin d'éviter que leur niveau ne vienne fausser nos résultats.

Également, nous constatons qu'à cet âge-là, les enfants font d'énormes progrès en lecture au cours du CE1, grâce à l'enseignement dispensé en classe. Nous nous attendions à ce que les enfants ayant bénéficié de l'entraînement s'améliorent davantage que les autres, mais à cet âge la progression normale est déjà si importante qu'il devient alors difficile d'observer les effets réels de l'application de notre protocole.

#### c. Biais de sélection

Concernant la constitution de notre population, nous nous sommes interrogées sur la pertinence de nos groupes « meilleurs lecteurs » et « moins bons lecteurs », que nous n'avons volontairement pas appelés bons et mauvais lecteurs. En effet, nous avons exclu les enfants avec un score pathologique à la lecture de texte, les enfants inclus avaient donc tous un niveau dans la norme en lecture à cette épreuve. Cependant, des sujets des groupes ML et MBL pouvaient présenter des niveaux similaires sans pour autant être dans le même groupe de niveau. Notons tout de même qu'au vu des résultats de notre première hypothèse, qui pour rappel ne mettaient pas en évidence de corrélation entre les niveaux de lecture et d'inhibition, nous n'avons pas jugé pertinent de conserver ces groupes de niveaux dans notre analyse.

## CONCLUSION

---

Ce mémoire de recherche est né de notre intérêt porté aux fonctions exécutives. Nous avons progressivement affiné notre champ de recherche à une de ces fonctions : l'inhibition des interférences. Ainsi, nous avons souhaité mettre en évidence le rôle de celle-ci dans les processus de lecture. Pour ce faire, nous voulions savoir dans quelle mesure un entraînement de l'inhibition, et donc son amélioration, pourrait faciliter l'apprentissage de la lecture, en termes de vitesse et de précision, des enfants normo-lecteurs de CE1. Suite à cette interrogation, nous avons supposé que les niveaux de lecture et d'inhibition étaient corrélés. Nous avons également présumé qu'une amélioration de l'inhibition entraînerait une progression du niveau de lecture (en précision et en vitesse), quel que soit le niveau de lecture de l'enfant de CE1. Pour apporter une réponse à ces hypothèses, nous sommes parvenues à recruter 32 enfants normo-lecteurs de CE1, répartis selon le principe de l'essai croisé, auxquels nous avons proposé un entraînement de l'inhibition des interférences. 3 sessions d'évaluation ont ponctué notre étude et nous ont permis d'objectiver quantitativement les effets de cet entraînement.

Grâce à la méthodologie appliquée dans cette étude nous avons pu répondre à nos hypothèses. Nous avons tout d'abord fait valoir l'absence de corrélation manifeste entre les niveaux de lecture et d'inhibition avant entraînement. Les hypothèses suivantes ont aussi été invalidées puisque nous n'avons pas retrouvé de lien entre l'amélioration du niveau d'inhibition et les progrès en vitesse de lecture d'une part, et en précision d'autre part. Les résultats obtenus soulèvent également que, pour la vitesse et la précision, le groupe entraîné et celui non entraîné ont montré une progression similaire. Ainsi, les progrès en lecture de notre échantillon de population ne semblent pas secondaires à l'entraînement. En effet, il paraît plus probable que l'amélioration des capacités de lecture des deux groupes soit la conséquence de l'apprentissage scolaire et de l'évolution normale de l'enfant de CE1. Rappelons cependant de considérer nos résultats avec précaution au regard des biais soulevés lors de notre étude.

Au vu de notre démarche expérimentale, de ses résultats et de la réflexion méthodologique présentés, nous pouvons suggérer quelques perspectives à notre projet de recherche. Pour ce faire, notons que le logiciel Inhipido©, utilisé dans notre étude pour l'entraînement de l'inhibition des interférences, n'a pas pour vocation l'amélioration des capacités de lecture, il n'est pas non plus destiné à une population non pathologique. Aussi, remarquons que la tâche d'entraînement proposée est aspécifique : il s'agit de jetons, elle ne traite pas de

matériel langagier écrit. Nous pouvons supposer, après l'invalidation de nos hypothèses, que le recours à une tâche plus spécifique, plus proche de la situation de lecture ou utilisant des lettres par exemple, aurait donné un résultat différent. Nous pouvons également présumer qu'un entraînement attentionnel n'améliore pas les performances en lecture d'enfants normo-lecteurs de manière générale. En effet, nous avons volontairement fait le choix dans notre étude de n'inclure que des sujets normo-lecteurs car, de par la spécificité des sujets avec pathologie, la réponse à cette tâche d'entraînement aurait pu différer. Toutefois, il serait intéressant de mettre en évidence les effets d'un entraînement, comme celui proposé avec le logiciel Inhipido©, chez une population d'apprentis lecteurs porteurs d'un trouble de la lecture.

Ce mémoire de recherche a été pour nous l'occasion de nous investir dans un projet riche sur divers aspects, sur le long terme. D'un point de vue personnel, ce travail auprès d'une population non-pathologique nous a permis d'affiner notre sens clinique. En effet, il peut être difficile de différencier à cet âge-là, un trouble spécifique (ou ses prémices) de simples difficultés passagères. Lors de nos 3 sessions de tests, nous avons pu nous rendre compte de la progression des normo-lecteurs composant notre échantillon. Nous remarquons que parmi ceux-ci, les compétences en lecture sont très hétérogènes : en CE1 il est normal d'avoir une lecture lente, non automatisée, avec un faible stock orthographique, pour autant il n'a pas été rare d'être face à de bons voire très bons lecteurs.

Ces sessions de tests plusieurs fois répétées nous ont, en outre, sensibilisées à cette situation particulière qu'est la situation de test. Nous avons perçu différents comportements lors des épreuves : angoissé, agité ou alors enthousiaste, motivé ou compétiteur. Dans tous les cas, nous avons senti l'importance de mettre l'enfant dans de bonnes conditions pour pouvoir évaluer le plus justement possible les compétences ciblées.

D'un point de vue théorique, ce mémoire nous a permis d'approfondir la notion de fonctions exécutives. La recherche de notre sujet, la mise en place de nos hypothèses ont été guidées et enrichies progressivement par nos lectures. Cela nous a amenées à nous questionner sur ce concept, sur ce qu'il recouvrait, sur sa diversité et la variabilité de représentation selon les auteurs. Également, nous avons pu percevoir la difficulté de les évaluer. Cette connaissance des fonctions exécutives est bénéfique bien au-delà des pathologies du langage écrit puisqu'elles sont véritablement transversales et interviennent à tous les âges de la vie dans de nombreux domaines.

Pour finir, nous souhaitons souligner le rôle majeur des parents dans l'application du protocole d'entraînement et l'implication des enseignantes, notamment dans la mise en place des réunions d'informations ainsi que des 3 sessions d'évaluations. Notre travail a été possible grâce au partenariat instauré avec ces différents acteurs et au partage

d'informations, de connaissances entre ceux-ci. Nous avons tenté de créer une dynamique autour de cette étude et de susciter l'intérêt de tous, qu'il s'agisse des parents, du corps enseignant ou des enfants, pour que chacun se sente impliqué dans ce projet. Expliquer théoriquement et concrètement notre étude, présenter un retour individuel du travail de leur enfant (pour les parents), communiquer les résultats de notre étude, remettre un diplôme (Annexe n°11) de félicitations aux enfants, se montrer disponibles pour répondre à leurs interrogations concernant notre mémoire ou plus globalement sur la profession d'orthophoniste, tout ceci a rendu possible ce partenariat. Les relations que nous avons pu instaurer nous ont donné un avant-goût du travail en équipe que nous pourrions retrouver une fois diplômées, que ce soit en libéral ou en salariat.

En conclusion, bien que nos résultats n'aient pas été ceux attendus, nous ne pouvons pour autant pas remettre totalement en question le rôle de l'inhibition des interférences dans les apprentissages. La notion de fonctions exécutives est relativement nouvelle et les recherches n'en sont qu'à leurs prémices. Aussi, de plus en plus d'orthophonistes sont sensibilisés à leur rôle et leur accordent donc une place dans la remédiation thérapeutique.

Lu le 08/06/2016  
F. LIANET

Lu le 08/06/2016  
S. Nedon

## BIBLIOGRAPHIE

---

### Articles

Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), 588-606.

Aghababian, V., Nazir, T., Nazir, T., & Nazir, T. (2000). {Developing normal reading skills: aspects of the visual processes underlying word recognition.}. *Journal of experimental child psychology*, 76(2).

Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of Executive Functions Through Late Childhood and Adolescence in an Australian Sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385-406.

Baddeley, A. D. (1990). Human Memory: Theory and Practice. *Lawrence Erlbaum Associates*.

Barkley, R. (2003). Attention-deficit/hyperactivity disorder.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65-94.

Bedoin, N. (2015). Troubles visuo-attentionnels troubles de l'orientation spatiale et de l'attention temporelle dans les dyslexies développementales. *Rééducation Orthophonique*, p.27-52.

Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.

Booth, J. N., Boyle, J. M. E., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: findings from a meta-analysis. *The British Journal of Developmental Psychology*, 28(Pt 1), 133-176.

Bosse, M.-L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2), 198-230.

Boulc'h, L., Gaux, C., & Boujon, C. (2007). Implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture: étude comparative entre normolecteurs et faibles lecteurs de CE2. *Psychologie Française*, 52(1), 71-87.

Carlson, S. M. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616.

Carlson, S. M., & Meltzoff, A. N. (2008). Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental science*, 11(2), 282-298.

Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72(4), 1032-1053.

Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. / Executive functions of infants : Developmental concepts. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 51(3), 149-163.

Chiappe, P., Hasher, L., & Siegel, L. (2000). Working memory, inhibitory control, and reading disability. *Memory & Cognition*.

Cohen & al. (2000). L'aire de la forme visuelle des mots (Visual Word Form Area) chez les sujets split-brain, *Psychologie cognitive et Neurosciences*.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256.

Crone, E. A. (2009). Executive functions in adolescence: inferences from brain and behavior. *Developmental Science*, 12(6), 825-830.

Dantchev, N., & Widlöcher, D. (2002). Inhibition. *EM-Consulte Psychiatrie*.

Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56(2), 384-398.

Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., ... Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science (New York, N.Y.)*, 330(6009), 1359-1364.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12(1), 45-75.

Dempster, F. N. (1995). Interference and inhibition in cognition : An historical perspective. In *Interference and Inhibition in Cognition* (p. 3-26). San Diego: Academic Press.

Dempster, F. N., & Corkill, A. J. (1999). Interference and Inhibition in Cognition and Behavior: Unifying Themes for Educational Psychology. *Educational Psychology Review*, 11(1), 1-88.

Dennis, M. (2006). Prefrontal cortex: Typical and atypical development. *The Frontal Lobes: Development, Function, and Pathology*, 128-162.

Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56(4), 868-883.

- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science (New York, N.Y.)*, 318(5855), 1387-1388.
- Ducrot, S., Lété, B. et Sana, S. (2004). Developmental Changes in the Optimal Viewing Position Effect. *Abstract of the Architectures and Mechanisms for Language Processing Conference*.
- Elbro, C., & Scarborough, H. S. (2004). Early Identification. In T. Nunes & P. Bryant (éd.), *Handbook of Children's Literacy* (p. 339-359). Springer Netherlands.
- Espy, K. A., Bull, R., Martin, J., & Stroup, W. (2006). Measuring the development of executive control with the shape school. *Psychological Assessment*, 18(4), 373-381.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A., & Posner, M. I. (2000). Executive Attention and Metacognitive Regulation. *Consciousness and Cognition*, 9(2), 288-307.
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. *Neuropsychologia*, 35(4), 477-486.
- Fernyhough, C., & Fradley, E. (2005). Private speech on an executive task: relations with task difficulty and task performance. *Cognitive Development*, 20(1), 103-120.
- Foulin, J.-N. (2007). La connaissance des lettres chez les prélecteurs : aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie Française*, 52(4), 431-444.
- Fournier, M. (2012). Enquête sur la neuropédagogie.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K., & Facoetti, A. (2012). A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. *Current Biology*, 22(9), 814-819.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(1), 101-135.
- Fuhs, M. W., & Day, J. D. (2011). Verbal ability and executive functioning development in preschoolers at head start. *Developmental Psychology*, 47(2), 404-416.
- Gagnon, J.-F., Everett, J., Lajeunesse, C., Gosselin, N., & Lavoie, K. (2000). Déficit dans la suppression de l'interférence au niveau du traitement de l'information visuelle chez des patients schizophrènes. *L'Encéphale*, 26(2), 56-62.
- Gerardi-Caulton, G. (2000). Sensitivity to spatial conflict and the development of self-regulation in children 24–36 months of age. *Developmental Science*, 3(4), 397-404.
- Gernsbacher, M. A. (1993). Less Skilled Readers Have Less Efficient Suppression Mechanisms. *Psychological Science*, 4(5), 294-298.

- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., ... Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8174-8179.
- Gombert, J. É., & Colé, P. (2000). Chapitre 4. Activités métalinguistiques, lecture et illettrisme. *Psychologie et sciences de la pensée*, 117-150.
- Harlow, J. M. (1869). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Medical and Surgical Office*.
- Harnishfeger, K. K., & Pope, R. S. (1996). Intending to Forget: The Development of Cognitive Inhibition in Directed Forgetting. *Journal of Experimental Child Psychology*, 62(2), 292-315.
- Houdé, O. (1994). Développement, rationalité et inhibition : une analyse des performances cognitives.
- J. R. Hayes, L. S. F. (1980). Identifying the organization of writing processes, 3-30.
- Kagan, J., & Baird, A. (2004). Brain and behavioral development during childhood. In *The cognitive neurosciences (3rd ed.)* (p. 93-103). Cambridge, MA, US: MIT Press.
- Kirkham, N. Z., Cruess, L., & Diamond, A. (2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task. *Developmental Science*, 6(5), pp 449-476.
- Konrad, K., Neufang, S., Thiel, C. M., Specht, K., Hanisch, C., Fan, J., ... Fink, G. R. (2005). Development of attentional networks: An fMRI study with children and adults. *NeuroImage*, 28(2), 429-439.
- Lechevalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (2008). Cahier couleur. *Neurosciences & cognition*, i-xviii.
- Luria, A. R. (1966). Higher cortical functions in man. New York: Consultants Bureau Enterprises. *Inc. Diskussion*.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 1-14. <http://doi.org/10.1007/s11881-003-0001-9>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex « Frontal Lobe » tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.

- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693-2698.
- Monette, S., Trépanier, G., Hammes, P., Langlois-Cloutier, C., & Bigras, M. (2010). Le Stroop des fruits : une mesure d'inhibition chez les enfants d'âge préscolaire.
- Müller, U., Zelazo, P. D., Hood, S., Leone, T., & Rohrer, L. (2004). Interference control in a new rule use task: age-related changes, labeling, and attention. *Child Development*, 75(5), 1594-1609.
- Muneaux, M., & Ducrot, S. (2014). Capacités oculomotrices, visuo-attentionnelles et lecture : un autre regard sur la dyslexie, *A.N.A.E. n°129 - Vol. 26 - Tome II*.
- Noble, K. G., Norman, M. F., & Farah, M. J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*, 8(1), 74-87.
- O'Regan, J.K., Levy-Schoen, A., Pynte, J. & Brugailière, B. (1984). Convenient fixation location within isolated words of different length and structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception Performance*.
- Pennequin, V., Nanty, I., & Khomsi, A. (2004). Mesurer la résistance à l'interférence chez l'enfant : élaboration d'un nouveau test à « effet Stroop ». *L'année psychologique*, 104(2), 203-226.
- Plaza, M., & Cohen, H. (2007). The contribution of phonological awareness and visual attention in early reading and spelling. *Dyslexia*, 13(1), 67-76.
- Plaza, M., & Raynaud, S. (2007). Dyslexie et traitement plurimodal : de l'autre côté du miroir. *Le Journal des psychologues*, n° 251(8), 31-35.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and Cognitive Control. In R. L. Solso (éd.), *Information Processing and Cognition: The Loyola Symposium*. Lawrence Erlbaum.
- Prevor, M. B., & Diamond, A. (2005). Color-object interference in young children: A Stroop effect in children 3½–6½ years old. *Cognitive development*, 20(2), 256-278.
- Rayner, K. (1979). Eye guidance in reading: fixation locations within words. *Perception*, 8(1), 21-30.
- Rogan, C. (2010). Les fonctions exécutives. *Neurologie.com*, 2(7), 183-184.
- Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(41), 14931-14936.
- Scarborough, H. S. (2001). Connecting early language and literacy to later reading (dis)abilities: Evidence, theory, and practice. *Handbook for research in early literacy*.

Schatschneider, C., Fletcher, J. M., Francis, D. J., Carlson, C. D., & Foorman, B. R. (2004). Kindergarten Prediction of Reading Skills: A Longitudinal Comparative Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 265-282.

Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: Cambridge University Press.

Siegler, R. (1999). Intelligences et développement de l'enfant. Variations, évolution, modalités.

Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E., & Toga, A. W. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 24(38), 8223-8231.

Stanovich, K. (1986). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*.

Stanovich, K. E., & Siegel, L. S. (1994). Phenotypic performance profile of children with reading disabilities: A regression-based test of the phonological-core variable-difference model. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 24-53.

Stroop, R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*.

Valdois, S. (2010). Evaluation des difficultés d'apprentissage de la lecture. *Revue française de linguistique appliquée*, Vol. XV(1), 89-103.

Zimmerman, B. J., & Risemberg, R. (1997). Becoming a Self-Regulated Writer: A Social Cognitive Perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 22(1), 73-101.

### **Ouvrages**

Association, A. P., Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., & Pull, M.-C. (2015). *DSM-5 - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

Boujon, C. (2002). *L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition*.

Casalis, S. (2013). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

Damasio, A. (1995). *L'erreur de Descartes : La raison des émotions*. Paris : Odile Jacob.

Dehaene, S. (2007). *Les Neurones de la lecture: Préface de Jean-Pierre Changeux*. Paris: Odile Jacob.

Écalle, J., & Magnan, A. (2010). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés*. Paris: Dunod.

Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., & Zorman, M. (2010). Batterie Analytique du Langage Ecrit. Laboratoire des Sciences de l'Education.

Expertise collective Inserm. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: Bilan des données scientifiques*. Les éditions Inserm.

Habib, M. (2014). *La constellation des dys: Bases Neurologiques de l'Apprentissage et de Ses Troubles* (1re éd.). Paris: De Boeck.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1997, adaptation française: 2003). NEPSY Bilan neuropsychologique de l'enfant.

Lefavrais, P., Test de l'Alouette, Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, Paris, 1967 (2e Ed.)

Lederlé, E., & Collectif. (2011). *Les troubles du langage écrit: Regards Croisés*. Isbergues: Ortho édition.

Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant: du développement typique aux dys-* (2e édition). Paris: Elsevier Masson.

Meulemans, T., Collette, F., Linden, M. V. der, & Collectif. (2004). *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Marseille: Solal Editeurs.

Moutier, S., & Collectif. (2003). *Inhibition neurale et cognitive*. Paris: Hermes Science Publications.

Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2003). *Lecture et dyslexie: approche cognitive*. Dunod.

Sprenger-Charolles, L., & Cole, P. (2013). *Lecture et dyslexie - 2e éd. - Approche cognitive* (2e édition revue et corrigée). Paris: Dunod.

Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andrès Bénito, P., & Prairial, C. (2000). *L'évaluation des fonctions exécutives*. Solal.

### **Mémoires / thèses**

Bargue, S. (2013). *Etude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2*.

Roy, A. (2007, septembre 20). *Fonctions exécutives chez les enfants atteints d'une neurofibromatose de type 1 approche clinique et critique* (phdthesis). Université d'Angers.

### **Sites internet**

Cross over - Interprétation des essais cliniques. (s. d.). Consulté 6 mai 2016, à l'adresse <http://www.spc.univ-lyon1.fr/polycop/cross%20over.htm>

Le test de khi deux de contingence : à quoi ça sert ? (s. d.). Consulté 9 mai 2016, à l'adresse [http://mehdikhaneboubi.free.fr/stat/co/khi\\_deux\\_intro.html](http://mehdikhaneboubi.free.fr/stat/co/khi_deux_intro.html)

Test du khi deux dans Excel (s. d.). Consulté 9 mai 2016, à l'adresse <http://www.numelion.com/test-du-khi-deux-ou-khi-carre-dans-excel.html#comment-2010>

Le test du chi-deux (s. d.). Consulté 9 mai 2016, à l'adresse <http://www.suristat.org/article188.html>

Khi deux (s. d.). Consulté 9 mai, à l'adresse [http://www.lezinter.net/~lzbk/\\_old/fichiers/statsL2/TD4-Khi-deux.pdf](http://www.lezinter.net/~lzbk/_old/fichiers/statsL2/TD4-Khi-deux.pdf)

Comment trouver le coefficient de corrélation (s. d.). Consulté 8 mai 2016, à l'adresse <http://fr.wikihow.com/trouver-le-coefficient-de-corr%C3%A9lation>

## ANNEXES

---

### ANNEXE N° 1 : QUESTIONNAIRE ADRESSÉ AUX PARENTS

Madame, Monsieur,

Vous trouverez ci-joint un **questionnaire** concernant votre enfant. Ce questionnaire nous permettra de savoir si votre enfant remplit les conditions pour faire partie de notre étude et de contrôler les paramètres propres à chaque élève. Ces données resteront confidentielles et seront réutilisées de façon anonyme lors de la rédaction de notre mémoire s'il y a besoin de les exploiter. Veuillez, s'il-vous-plaît, le remplir et le retourner à l'école avant le .....

- Nom et prénom de l'enfant :
- Date de naissance et âge :
- Numéro de téléphone et mail des ou d'un parent (s) (si besoin d'informations complémentaires après le retour des questionnaires) :

• **Votre enfant peut-il avoir accès à un ordinateur avec internet à domicile ?** (10 minutes par jour, 4 jours par semaine) OUI NON

• **Votre enfant a-t-il redoublé ?** OUI NON  
Si OUI, quelle classe ?

• **Votre enfant évolue-t-il dans un milieu bilingue ?** OUI NON  
(en contact quotidien avec une langue étrangère)  
Si OUI, parle-t-il les 2 langues concernées ?

• **Votre enfant est-il suivi en rééducation orthophonique ?** OUI NON  
Si OUI, pour quel(s) motif(s) (exemples : difficultés en langage oral, en langage écrit, retard de parole, trouble de l'articulation, déglutition...) ?  
Si OUI, depuis combien de temps ?

• **Votre enfant a-t-il suivi une rééducation orthophonique dans le passé ?** OUI NON  
Si OUI, pour quel(s) motif(s) ?  
Si OUI, pendant combien de temps ?

- **Votre enfant a-t-il des troubles visuels connus non corrigés ?** OUI NON

Si OUI, de quoi s'agit-il ?

*Document rempli le : .....*

*Signature et qualité de la personne ayant rempli le questionnaire :*

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de remplir ce questionnaire.

Laura BEDOYA et Audrey ROZIERE

## ANNEXE N°2 : COURRIER ADRESSÉ AUX ENSEIGNANTES

Madame,

Etudiantes en 4<sup>e</sup> année d'orthophonie et dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin d'étude au Centre de Formation en Orthophonie de Toulouse, encadré par les orthophonistes Mme LIAUNET et M. MEDINA, nous sollicitons votre aide. Notre travail de recherche porte sur **le rôle de l'inhibition des interférences dans les mécanismes de lecture** chez les enfants en début d'acquisition de la lecture. Notre objectif est de mettre en évidence ce rôle, pour cela, nous souhaitons proposer un entraînement informatisé de ces capacités d'inhibition à des enfants de CE1.

### ❖ **Qu'est-ce que l'inhibition des interférences ?**

*L'inhibition des interférences est la capacité que nous avons à résister aux interférences qui sont liées aux informations qui ne sont pas pertinentes pour la tâche que nous devons accomplir. Autrement dit, c'est le fait de **ne pas tenir compte des distracteurs**, susceptibles de parasiter l'activité en cours.*

*Lors de la lecture, un enfant (surtout en début d'apprentissage) doit sans cesse utiliser ses capacités d'inhibition. Elles vont, par exemple, lui permettre de s'empêcher de deviner le mot qu'il commence à lire, pour ainsi s'obliger à le déchiffrer du début à la fin (il inhibe ainsi les mots visuellement proches qui lui viennent à l'esprit), d'éviter de confondre des homophones (il inhibe les mots dont le sens n'est pas adapté au contexte) ...*

*Plusieurs auteurs placent l'inhibition au centre du développement cognitif<sup>1</sup>. Dempster et Corkhill (1999), affirment même que cette fonction **soutient les apprentissages scolaires généraux**. Enfin, d'autres études mettent en avant le fait que **les processus d'inhibition sont impliqués dans la lecture**<sup>2</sup>.*

*Ce sont ces recherches, entre autres, qui nous ont amenées à nous questionner : **un entraînement informatisé intensif de l'inhibition des interférences chez des enfants de CE1 tout-venant peut-il faciliter leur apprentissage de la lecture ?***

---

<sup>1</sup> Bjorklund & Hamishfeger, 1990 ; Dempster, 1992 ; Houdé, 1995

<sup>2</sup> De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998; Gernsbacher, 1993; Altemeier, 2008

Ainsi, pour mener à bien notre expérimentation, nous souhaitons procéder de la manière suivante :

- Dans un premier temps, nous proposerons un questionnaire aux familles ayant accepté de participer à notre étude, concernant leur enfant. Ceci dans le but de

constituer un groupe d'enfants correspondant bien à nos paramètres de recherche, et de contrôler les paramètres propres à chacun.

- Dans un deuxième temps, nous procéderons à une évaluation de la lecture (lecture d'un texte et lecture de mots) et des capacités d'inhibition. Ce test aura une durée maximale de 30 minutes par enfant et se déroulera **à l'école**.

A partir des résultats obtenus, nous formerons des groupes. Chaque groupe sera réparti sur 2 périodes, chacune d'une durée de 5 semaines : la première du 4 janvier au 5 février 2016 et la seconde du 19 février au 2 avril 2016.

Chaque enfant retenu pour l'étude devra réaliser un entraînement informatisé **à domicile** (d'une durée d'environ 10 minutes par jour, 4 jours par semaine), sur une seule des deux périodes, en autonomie. Conformément aux règles éthiques, chacun aura donc un entraînement identique, avec le même logiciel et durant 5 semaines.

- Dans un troisième temps, nous procéderons à nouveau à une évaluation de tous les enfants inclus dans l'étude (quelle que soit la période de son entraînement). Cette évaluation intermédiaire aura lieu après la fin de l'entraînement du premier groupe et avant le début de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 8 et le 10 février.
- Pour finir, nous proposerons une évaluation finale à tous les enfants inclus dans l'étude après la fin de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 4 et le 8 avril.

**Votre rôle serait de communiquer aux parents l'autorisation du responsable légal pour la participation des enfants, ainsi que le questionnaire que nous avons créé, afin que nous puissions recueillir les données dont nous avons besoin pour notre étude.**

**Aussi, les 3 sessions d'évaluations des enfants inclus dans l'étude devront dans l'idéal être réalisées sur leur lieu scolaire, par nos soins, lors des périodes prédéterminées. Ainsi, si notre projet de recherche vous intéresse, nous souhaiterions inclure les enfants de votre classe de CE1 dans notre expérimentation.**

Une synthèse des recherches et des résultats vous sera communiquée à la fin de cette étude si vous le souhaitez.

En vous remerciant par avance,

Laura BEDOYA  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

Audrey ROZIERE  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

### ANNEXE N°3 : COURRIER ADRESSÉ AUX ACADÉMIES

Monsieur,

Etudiantes en 4<sup>e</sup> année d'orthophonie et dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin d'étude au Centre de Formation en Orthophonie de Toulouse, encadré par les orthophonistes Mme LIAUNET et M. MEDINA, nous vous sollicitons.

Notre travail de recherche porte sur **le rôle de l'inhibition des interférences dans les mécanismes de lecture** chez les enfants en début d'acquisition de la lecture. Notre objectif est de mettre en évidence ce rôle, pour cela, nous souhaitons proposer un entraînement informatisé de ces capacités d'inhibition à des enfants de CE1.

#### ❖ **Qu'est-ce que l'inhibition des interférences ?**

*L'inhibition des interférences est la capacité que nous avons à résister aux interférences qui sont liées aux informations qui ne sont pas pertinentes pour la tâche que nous devons accomplir. Autrement dit, c'est le fait de **ne pas tenir compte des distracteurs**, susceptibles de parasiter l'activité en cours.*

*Lors de la lecture, un enfant (surtout en début d'apprentissage) doit sans cesse utiliser ses capacités d'inhibition. Elles vont, par exemple, lui permettre de s'empêcher de deviner le mot qu'il commence à lire, pour ainsi s'obliger à le déchiffrer du début à la fin (il inhibe ainsi les mots visuellement proches qui lui viennent à l'esprit), d'éviter de confondre des homophones (il inhibe les mots dont le sens n'est pas adapté au contexte) ...*

*Plusieurs auteurs placent l'inhibition au centre du développement cognitif<sup>1</sup>. Dempster et Corkhill (1999), affirment même que cette fonction **soutient les apprentissages scolaires généraux**. Enfin, d'autres études mettent en avant le fait que **les processus d'inhibition sont impliqués dans la lecture**<sup>2</sup>.*

*Ce sont ces recherches, entre autres, qui nous ont amenées à nous questionner : **un entraînement informatisé intensif de l'inhibition des interférences chez des enfants de CE1 tout-venant peut-il faciliter leur apprentissage de la lecture ?***

---

<sup>1</sup> Bjorklund & Hamishfeger, 1990 ; Dempster, 1992 ; Houdé, 1995

<sup>2</sup> De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998; Gernsbacher, 1993; Altemeier, 2008

Ainsi, pour mener à bien notre expérimentation, nous souhaitons procéder de la manière suivante :

- Dans un premier temps, nous proposerons un questionnaire aux familles ayant accepté de participer à notre étude, concernant leur enfant. Ceci dans le but de

constituer un groupe d'enfants correspondant bien à nos paramètres de recherche et de contrôler les paramètres propres à chacun.

- Dans un deuxième temps, nous procéderons à une évaluation de la lecture (lecture d'un texte et lecture de mots) et des capacités d'inhibition. Ce test aura une durée maximale de 30 minutes par enfant et se déroulera **à l'école**.

A partir des résultats obtenus, nous formerons des groupes. Chaque groupe sera réparti sur 2 périodes, chacune d'une durée de 5 semaines : la première du 4 janvier au 5 février 2016 et la seconde du 19 février au 2 avril 2016.

Chaque enfant retenu pour l'étude devra réaliser un entraînement informatisé **à domicile** (d'une durée d'environ 10 minutes par jour, 4 jours par semaine), sur une seule des deux périodes, en autonomie. Conformément aux règles éthiques, chacun aura donc un entraînement identique, avec le même logiciel et durant 5 semaines.

- Dans un troisième temps, nous procéderons à nouveau à une évaluation de tous les enfants inclus dans l'étude (quelle que soit la période de son entraînement). Cette évaluation intermédiaire aura lieu après la fin de l'entraînement du premier groupe et avant le début de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 8 et le 10 février.
- Pour finir, nous proposerons une évaluation finale à tous les enfants inclus dans l'étude après la fin de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 4 et le 8 avril.

**Ainsi, c'est avec l'accord de principe de Madame XXX (enseignante en CE1) que nous vous demandons l'autorisation de réaliser notre projet à l'école publique primaire XXX, et donc d'intervenir au sein de cet établissement pour faire participer les enfants aux trois sessions de test, en décembre, février et avril.**

Nous pouvons, si vous le souhaitez, convenir d'un rendez-vous pour vous exposer notre étude et son déroulement prévu au sein de l'école.

Dans l'attente d'une réponse de votre part, nous vous remercions,

Laura BEDOYA  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

Audrey ROZIERE  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

## ANNEXE N°4 : COURRIER ADRESSÉ AUX PARENTS

Madame, Monsieur,

Etudiantes en 4<sup>e</sup> année d'orthophonie et dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin d'étude au Centre de Formation en Orthophonie de Toulouse, encadré par les orthophonistes Mme LIAUNET et M. MEDINA, nous sollicitons votre aide.

Notre travail de recherche porte sur **le rôle de l'inhibition des interférences dans les mécanismes de lecture** chez les enfants en début d'acquisition de la lecture. Notre objectif est de mettre en évidence ce rôle, pour cela, nous souhaitons proposer un entraînement informatisé de ces capacités inhibition à des enfants de CE1.

### ❖ **Qu'est-ce que l'inhibition des interférences ?**

*L'inhibition des interférences est la capacité que nous avons à résister aux interférences qui sont liées aux informations qui ne sont pas pertinentes pour la tâche que nous devons accomplir. Autrement dit, c'est le fait de **ne pas tenir compte des distracteurs**, susceptibles de parasiter l'activité en cours.*

*Lors de la lecture, un enfant (surtout en début d'apprentissage) doit sans cesse utiliser ses capacités d'inhibition. Elles vont, par exemple, lui permettre de s'empêcher de deviner le mot qu'il commence à lire, pour ainsi s'obliger à le déchiffrer du début à la fin (il inhibe ainsi les mots visuellement proches qui lui viennent à l'esprit), d'éviter de confondre des homophones (il inhibe les mots dont le sens n'est pas adapté au contexte) ...*

*Plusieurs auteurs placent l'inhibition au centre du développement cognitif<sup>1</sup>. Dempster et Corkhill (1999), affirment même que cette fonction **soutient les apprentissages scolaires généraux**. Enfin, d'autres études mettent en avant le fait que **les processus d'inhibition sont impliqués dans la lecture**<sup>2</sup>.*

*Ce sont ces recherches, entre autres, qui nous ont amenées à nous questionner : **un entraînement informatisé intensif de l'inhibition des interférences chez des enfants de CE1 tout-venant peut-il faciliter leur apprentissage de la lecture ?***

---

<sup>1</sup> Bjorklund & Hamishfeger, 1990 ; Dempster, 1992 ; Houdé, 1995

<sup>2</sup> De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998; Gernsbacher, 1993; Altemeier, 2008

Ainsi, pour mener à bien notre expérimentation, nous souhaitons procéder de la manière suivante :

- Dans un premier temps, nous vous faisons parvenir un questionnaire concernant votre enfant. Ceci dans le but de constituer un groupe d'enfants correspondant bien à

nos paramètres de recherche qui seront inclus et de contrôler les paramètres propres à chacun.

- Dans un deuxième temps, si votre enfant est inclus dans l'étude, nous procéderons à une évaluation de la lecture (lecture d'un texte et lecture de mots) et des capacités d'inhibition. Ce test aura une durée maximale de 30 minutes et se déroulera à l'école.

A partir des résultats obtenus, nous formerons des groupes. Chaque groupe sera réparti sur 2 périodes, chacune d'une durée de 5 semaines : la première du 4 janvier au 5 février 2016 et la seconde du 19 février au 2 avril 2016.

Chaque enfant retenu pour l'étude devra réaliser un entraînement informatisé à domicile (d'une durée d'environ 10 minutes par jour, 4 jours par semaine), sur une seule des deux périodes, en autonomie. Conformément aux règles éthiques, chacun aura donc un entraînement identique, avec le même logiciel et durant 5 semaines.

- Dans un troisième temps, nous procéderons à nouveau à une évaluation de tous les enfants inclus dans l'étude (quelle que soit la période de son entraînement). Cette évaluation intermédiaire aura lieu après la fin de l'entraînement du premier groupe et avant le début de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 8 et le 10 février.
- Pour finir, nous proposerons une évaluation finale à tous les enfants inclus dans l'étude après la fin de l'entraînement du deuxième groupe, soit entre le 4 et le 8 avril.

**Votre rôle serait de donner accès à votre enfant au logiciel d'entraînement (lien à récupérer par mail après avoir téléchargé gratuitement ce logiciel), ainsi que de vous assurer de son assiduité, nécessaire pour la validité de l'étude à laquelle vous participez. Votre enfant réalisera ensuite l'entraînement sur l'ordinateur, en autonomie.**

**Le rôle de votre enfant serait de participer aux trois sessions d'évaluation à l'école, ainsi qu'à l'entraînement informatisé 10 minutes par jour, 4 jours par semaine, durant 5 semaines.**

Ainsi, si notre projet de recherche vous intéresse, vous pouvez compléter et retourner à l'école l'autorisation parentale et le questionnaire joints à ce courrier.

Une synthèse des recherches et des résultats vous sera communiquée à la fin de cette étude si vous le souhaitez. N'hésitez pas à nous contacter si vous désirez des informations complémentaires.

En vous remerciant par avance,

Laura BEDOYA  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

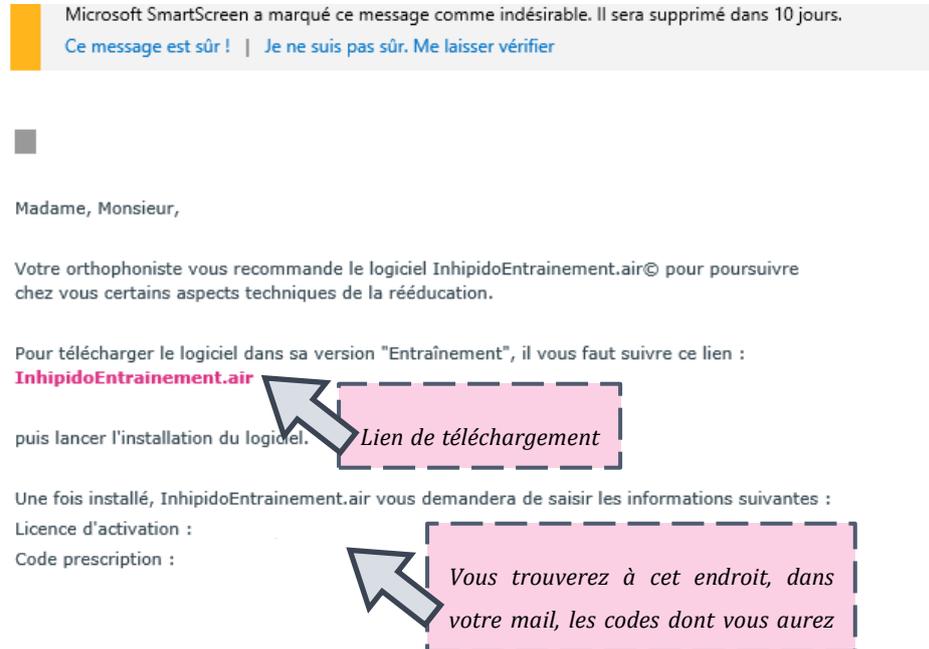
Audrey ROZIERE  
06.xx.xx.xx.xx  
xxxxx@hotmail.fr

❖ ***Pourquoi faire participer mon enfant à cette étude ?***

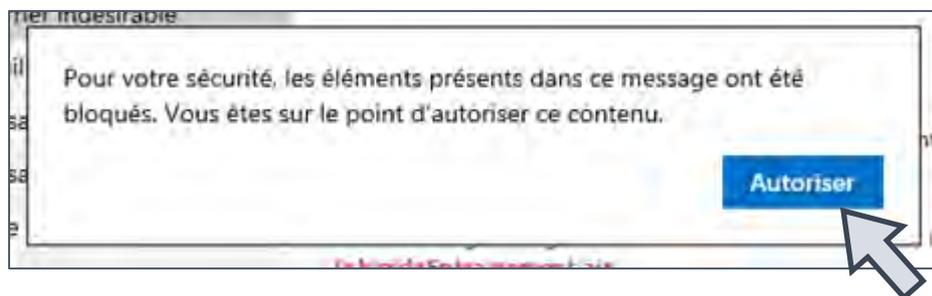
- En vous engageant à faire participer votre enfant à cet entraînement informatisé seulement 10 minutes par jour (maximum), 4 jours par semaine, durant 5 semaines, vous lui offrez une chance de possiblement améliorer ses performances en lecture. Cela ne peut qu'être bénéfique pour lui.
- Le logiciel est simple d'utilisation et ne nécessite aucune connaissance particulière en informatique, les exercices informatisés sont courts et ludiques.
- C'est votre participation à ce mémoire d'orthophonie qui en permet la réalisation, et c'est grâce à cela que la recherche peut progresser.

## ANNEXE N°5 : NOTICE D'INSTALLATION DU LOGICIEL

- 1- Pour l'installation du logiciel Inhipido, vous allez recevoir un mail de **Gnosia**. Ce mail apparaîtra certainement dans les **courriers indésirables**. Vous pouvez l'ouvrir et vous trouverez ainsi les codes et le lien permettant l'installation du logiciel.



- 2- Cliquer sur le lien qui s'affiche en **rose** puis autoriser le contenu.



- 3- Une fenêtre va s'afficher en bas de l'écran indiquant le téléchargement.

Une fois terminé, cliquer sur « ouvrir ».

Votre orthophoniste vous recommande le logiciel InhipidoEntrainement.air® pour poursuivre chez vous certains aspects techniques de la rééducation.

Pour télécharger le logiciel dans sa version "Entrainement", il vous faut suivre ce lien : [InhipidoEntrainement.air](#)

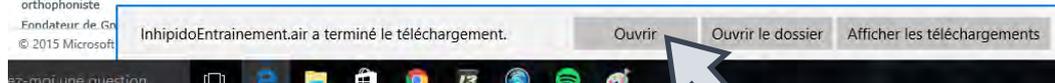
puis lancer l'installation du logiciel.

Une fois installé, InhipidoEntrainement.air vous demandera de saisir les informations suivantes :  
Licence d'activation : INHP-znqe-6456  
Code prescription : 0JgwleDRw5

Vous aurez alors accès à 20 séances d'entraînement avec InhipidoEntrainement.air® ; au maximum une séance par jour, selon les paramètres définis par l'orthophoniste qui évolueront après chaque séance, suivant notre algorithme de progression.  
Les résultats seront accessibles à l'orthophoniste qui pourra ainsi constater les progrès effectués.

En vous remerciant pour votre confiance.

F.Médina  
orthophoniste  
Fondateur de G  
© 2015 Microsoft



- 4- Si vous ne possédez pas le logiciel Adobe Air, vous ne pourrez pas ouvrir Inhipido. Il sera donc nécessaire que vous le téléchargiez gratuitement à l'adresse suivante : <https://get.adobe.com/fr/air/> cliquez sur **Télécharger dès maintenant** puis installez le logiciel en suivant les instructions.

**Adobe AIR**

Version 20.0  
Exigences du système

Votre système :  
**Windows, Français, Chrome**  
Vous avez besoin d'Adobe AIR pour un autre ordinateur ?  
Vous êtes un responsable informatique ou OEM ?

**A propos d'Adobe AIR**

Le système Adobe AIR permet aux développeurs d'intégrer le même code dans des applications et jeux natifs pour les ordinateurs de bureau Windows et Mac OS, et également pour les périphériques iOS et Android. Ils peuvent ainsi atteindre plus d'un milliard d'ordinateurs de bureau et plus de 500 millions d'appareils mobiles par l'intermédiaire des app stores.

**Conditions :**

En cliquant sur le bouton « Télécharger maintenant », vous reconnaissez que vous avez lu et accepté le [Contrat de licence d'Adobe](#).

Remarque : votre antivirus doit vous permettre d'installer le logiciel.

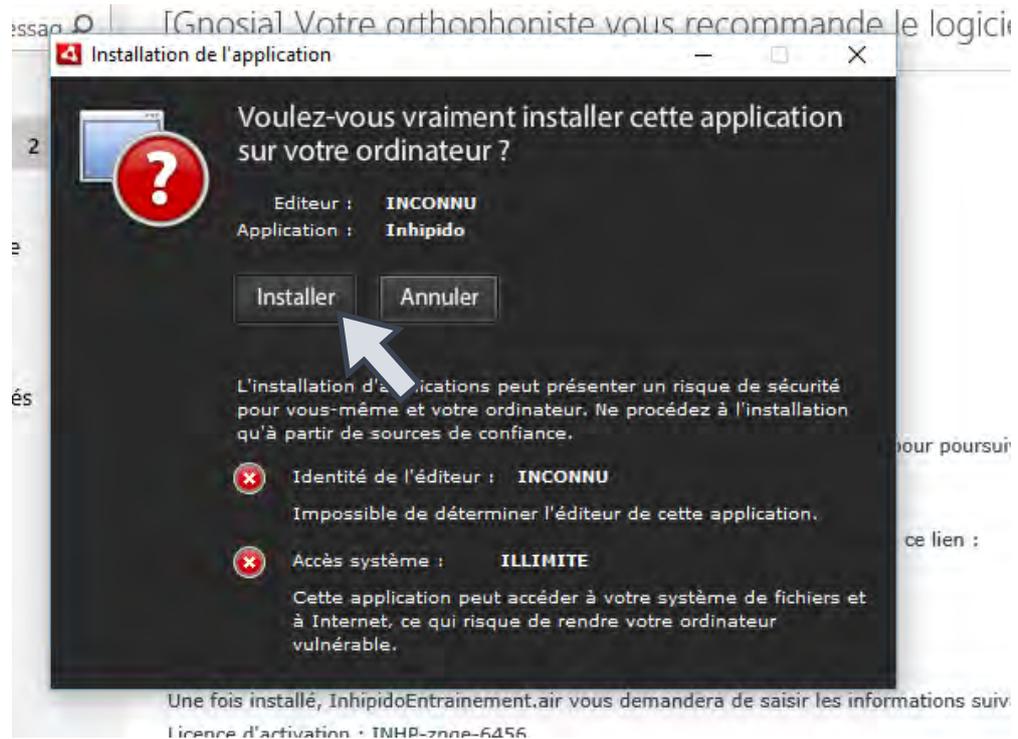
**Télécharger dès maintenant**

Taille du ou des téléchargements : 1

Choisissez votre région

Copyright © 2015 Adobe Systems Software Ireland Ltd. All rights reserved.  
Conditions d'utilisation | Politique de confidentialité | Cookies

- 5- Vous pouvez à présent lancer l'installation d'**Inhipido** : une nouvelle fenêtre s'ouvre, cliquer sur « **Installer** » pour installer le logiciel sur votre ordinateur.



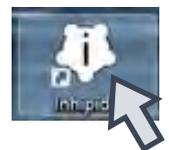
- 6- Poursuivez l'installation en cliquant sur « **Continuer** ».



- 7- Le logiciel installé, il s'ouvre. Vous pouvez alors rentrer les codes que vous avez reçus dans le mail.



- 8- Sur le bureau de votre ordinateur, l'icône du logiciel apparaît. En double-cliquant dessus, vous accédez aux exercices que nous avons choisis pour votre enfant. N'oubliez pas de commencer par **expliquer à votre enfant ce qu'il devra faire**, en vous référant à la **Fiche consigne** qui vous aura été envoyée en début de semaine.



Une fois que votre enfant a bien compris l'exercice, cliquez sur « **Lancer l'exercice** » et votre enfant n'a plus qu'à le réaliser. Attention, il doit le faire seul, ne l'aidez pas ! Vous pouvez lui réexpliquer la consigne en cas de doute.



- Pour les prochaines fois, vu que le logiciel est maintenant installé, vous n'aurez plus qu'à accéder à Inhipido par l'icône sur le bureau et ensuite cliquer sur « **Lancer l'exercice** ».



Si l'exercice que vous recevez ne correspond pas à celui de la fiche consigne, merci de nous en avertir au plus tôt.

Nous vous rappelons que pour la validité de notre étude nous vous demandons de réaliser une session d'exercices **4 fois par semaine**, une fois par jour seulement, les jours que vous souhaitez. Les exercices les plus longs durent 7 minutes, les plus courts durent 4 minutes. L'entraînement a une durée de 5 semaines.

**Si vous avez des questions, surtout n'hésitez pas à nous contacter par mail ou téléphone !**

**06.XX.XX.XX.XX (Audrey) ou 06.XX.XX.XX.XX (Laura)**

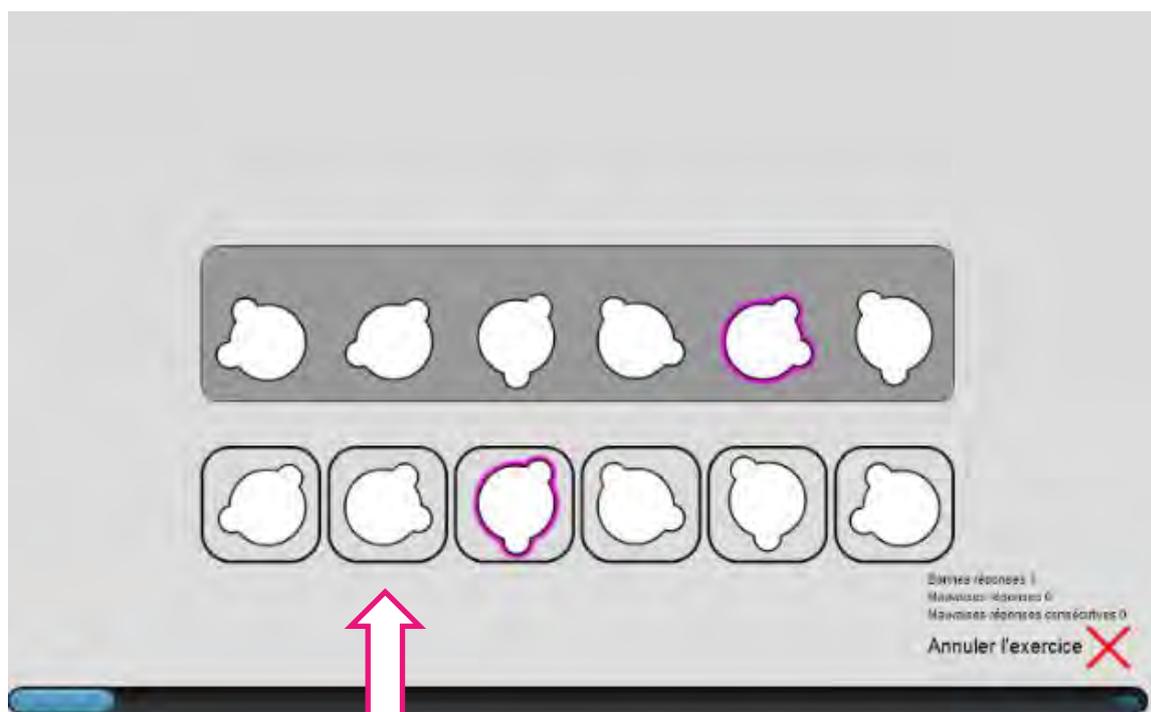
## ANNEXE N°6 : FICHE CONSIGNE N°1

Dans cet exercice une série de 6 jetons apparaît en haut de l'écran. Un jeton est entouré de rose : c'est la « cible ».



Une autre série de jetons se trouve en bas de l'écran, votre enfant doit cliquer sur celui qui a exactement la même forme et qui est dans la même position que la cible en haut.

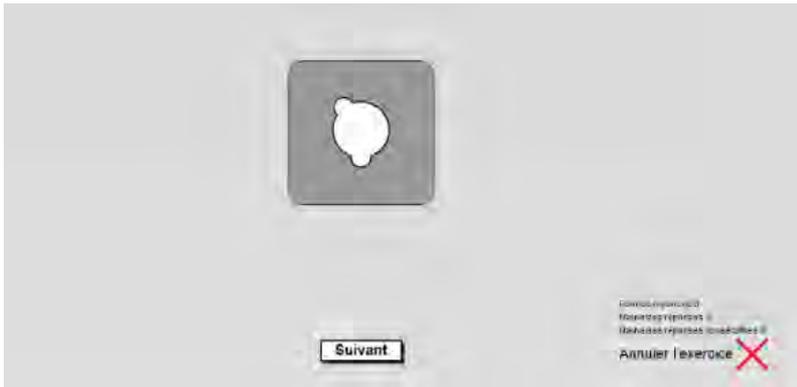
**Attention, l'un des jetons du bas est entouré de rose mais ce n'est pas forcément sur celui-ci qu'il faut cliquer !**



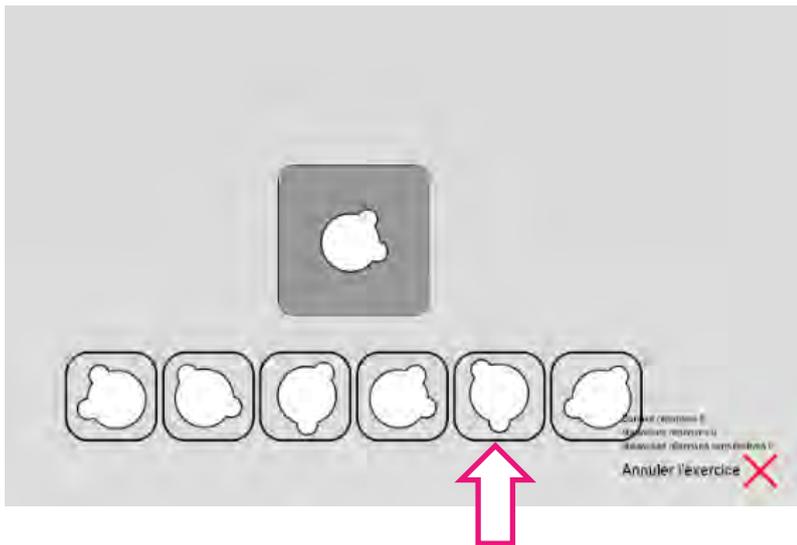
C'est sur ce jeton qu'il faut cliquer dans cet exemple, car il a la même forme que la « cible » de la ligne du haut.

**L'exercice dure 7 minutes, il est essentiel que votre enfant l'effectue jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exercice s'arrête.**

## ANNEXE N° 7 : FICHE CONSIGNE N°2



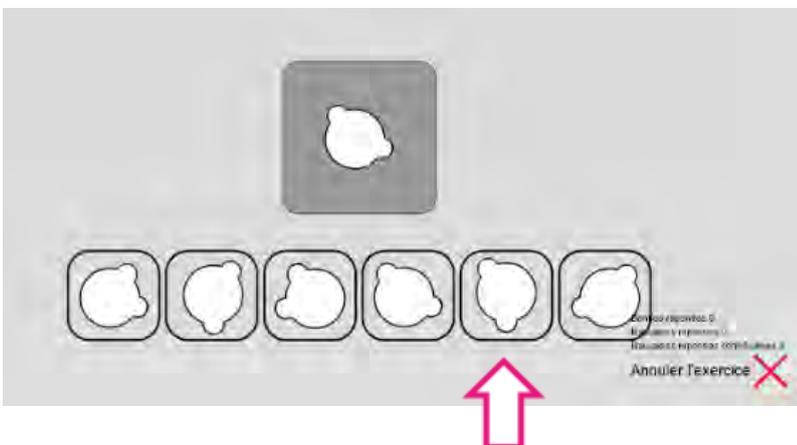
Dans cet exercice un jeton seul apparaît sur un premier écran. C'est la cible. **Il faut la retenir** dans sa tête et cliquer sur suivant.



Sur l'écran suivant une autre cible s'affiche ainsi qu'une série de jetons en bas.

Il faut alors :

1. Retenir la nouvelle cible pour l'écran suivant
2. Cliquer, dans la série du bas, sur le jeton identique à la cible de l'écran précédent

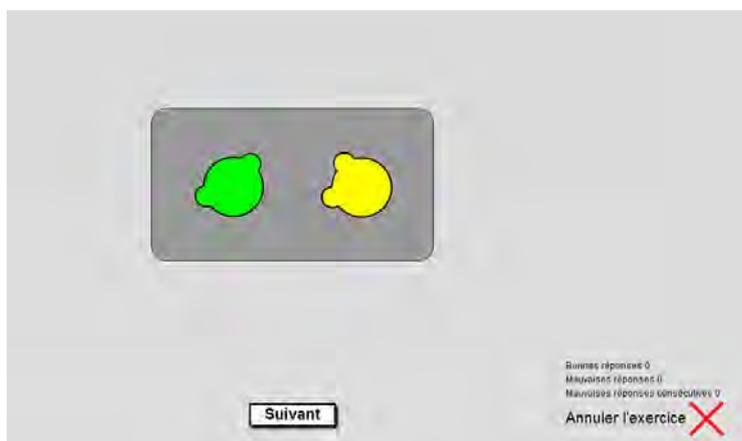


Dans cet exemple, il faut retenir la nouvelle cible pour l'écran suivant puis cliquer sur celui-là (jeton identique à la cible de l'écran précédent), et ainsi de suite...

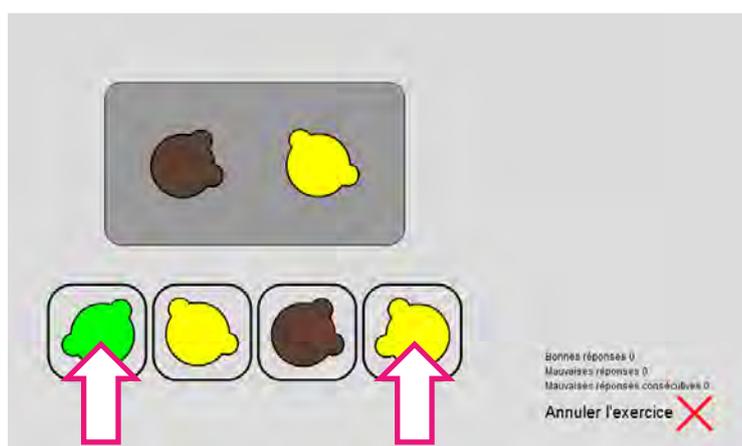
**L'exercice dure 4 minutes, il est essentiel que votre enfant l'effectue jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exercice s'arrête.**

## ANNEXE N°8 : FICHE CONSIGNE N°3

La consigne est identique à l'exercice précédent, sauf qu'il y a deux cibles à retenir et des couleurs, mais seulement 4 jetons en bas.

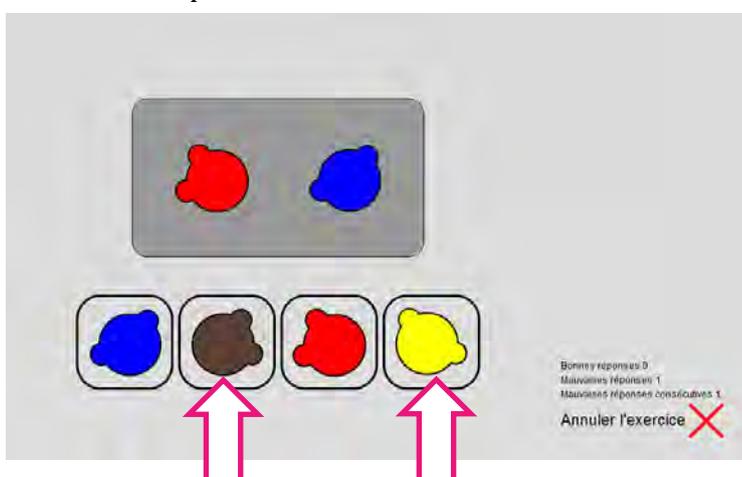


Dans cet exercice deux jetons apparaissent sur un premier écran. Ce sont les cibles. **Il faut les retenir** dans sa tête (peu importe l'ordre) et cliquer sur suivant.



Sur l'écran suivant deux autres cibles s'affichent ainsi qu'une série de jetons en bas.

Il faut alors retenir les nouvelles cibles pour l'écran suivant puis cliquer, dans la série du bas, sur les jetons identiques aux cibles de l'écran précédent.

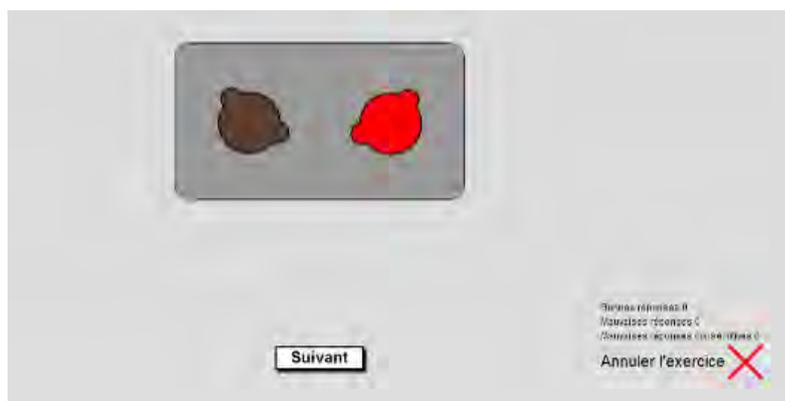


Dans cet exemple, il faut retenir les nouvelles cibles et cliquer sur ceux-là (jetons identiques aux cibles de l'écran précédent) etc.

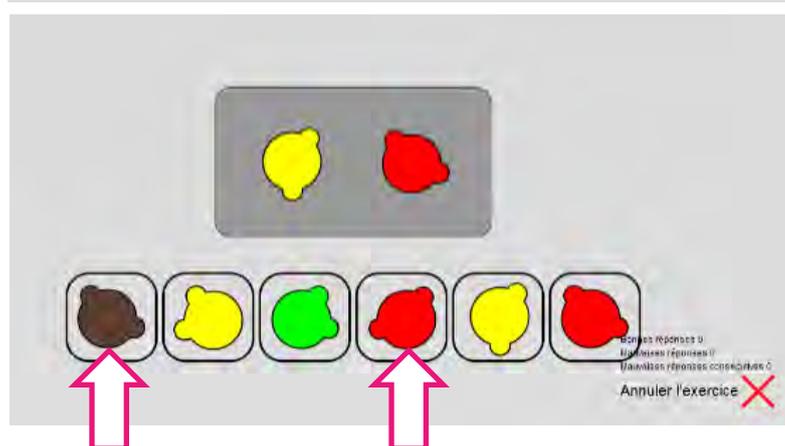
**L'exercice dure 4 minutes, il est essentiel que votre enfant l'effectue jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exercice s'arrête.**

## ANNEXE N°9 : FICHE CONSIGNE N°4

La consigne est identique à l'exercice précédent, sauf qu'il y a 6 jetons.

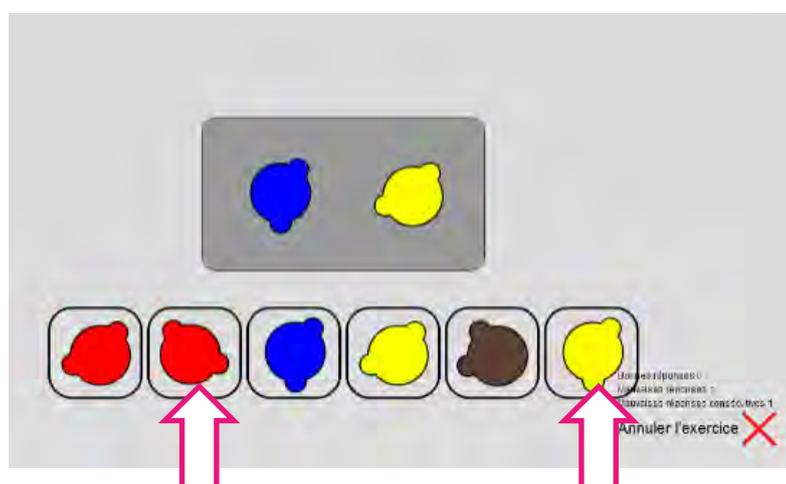


Dans cet exercice deux jetons apparaissent sur un premier écran. Ce sont les cibles. **Il faut les retenir** dans sa tête (peu importe l'ordre) et cliquer sur suivant.



Sur l'écran suivant deux autres cibles s'affichent ainsi qu'une série de jetons en bas.

Il faut alors cliquer, dans la série du bas, sur les jetons identiques aux cibles de l'écran précédent, et retenir les nouvelles cibles pour l'écran suivant.

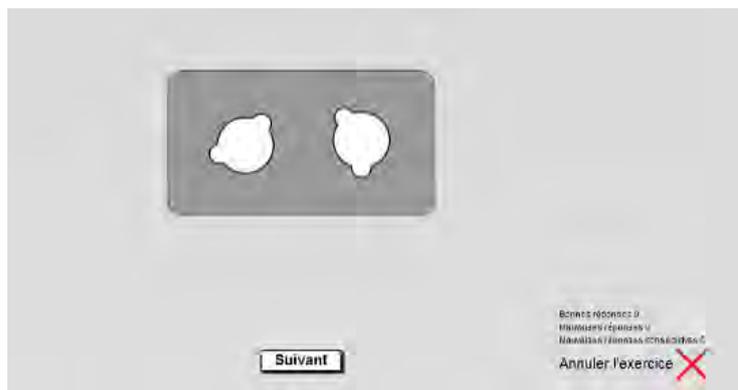


Dans cet exemple, il faut cliquer sur ceux-là (jetons identiques aux cibles de l'écran précédent), et retenir les nouvelles cibles, etc.

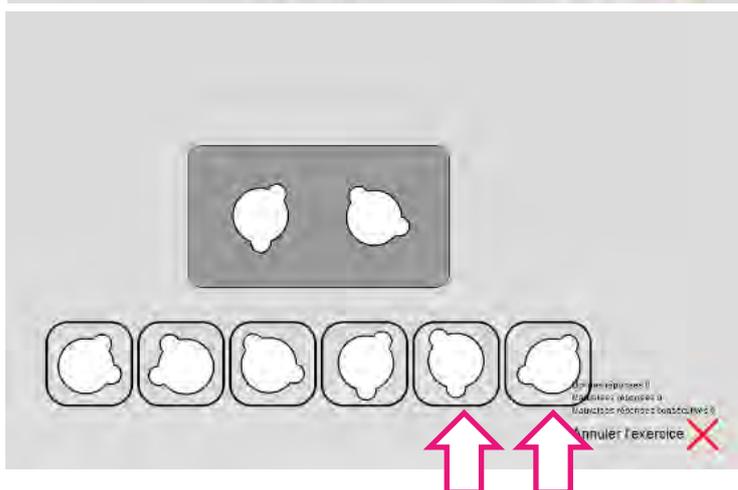
**L'exercice dure 4 minutes, il est essentiel que votre enfant l'effectue jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exercice s'arrête.**

## ANNEXE N°10 : FICHE CONSIGNE N°5

Il s'agit du même exercice que le précédent, sauf que les jetons n'ont plus de couleur.

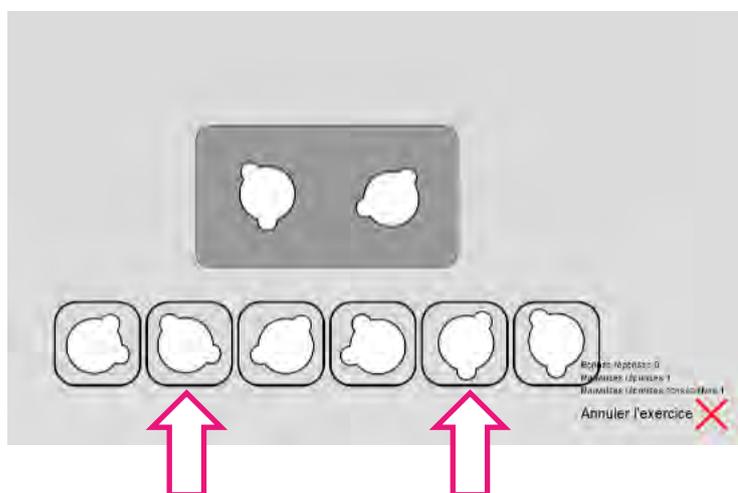


Dans cet exercice deux jetons apparaissent sur un premier écran. Ce sont les cibles. **Il faut les retenir** dans sa tête (peu importe l'ordre) et cliquer sur suivant.



Sur l'écran suivant deux autres cibles s'affichent ainsi qu'une série de jetons en bas.

Il faut alors retenir les nouvelles cibles pour l'écran suivant puis cliquer, dans la série du bas, sur les jetons identiques aux cibles de l'écran précédent.



Dans cet exemple, il faut retenir les nouvelles cibles puis cliquer sur ceux-là (jetons identiques aux cibles de l'écran précédent) etc.

**L'exercice dure 4 minutes, il est essentiel que votre enfant l'effectue jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exercice s'arrête.**

# Diplôme du futur chercheur en



## herbe !

Décerné à .....

Par .....

Un grand bravo pour le travail que tu as  
fourni et merci pour ta bonne humeur !

Fait à ..... le .....

Signatures :

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Remerciements</b> .....	2
<b>Sommaire</b> .....	3
<b>Synthèse</b> .....	5
<b>Introduction</b> .....	10
<b>La lecture</b> .....	13
I. Un modèle d'identification des mots écrits : le modèle à double voie de Coltheart.....	13
II. Les traitements visuo-attentionnels spécialisés dans la lecture .....	15
III. Localisations neurologiques de la lecture .....	16
IV. Les prérequis nécessaires à l'apprentissage de la lecture .....	18
V. Les facteurs prédictifs .....	19
VI. Les difficultés d'apprentissage.....	21
1. Retard simple dans l'apprentissage de la lecture versus trouble spécifique du langage écrit.....	21
2. La dyslexie, selon le DSM-5 .....	22
<b>Les fonctions exécutives</b> .....	24
I. Présentation générale .....	24
1. Introduction aux fonctions exécutives .....	24
2. Définition des fonctions exécutives .....	24
3. Localisation anatomique des fonctions exécutives .....	26
4. Développement des fonctions exécutives .....	28
a. <i>La maturation cérébrale</i> .....	28
b. <i>Le langage</i> .....	28
c. <i>La variable socioéconomique</i> .....	29
II. Modèles théoriques des fonctions exécutives .....	30
1. Les trois fonctions principales de l'attention.....	30
2. Les fonctions exécutives selon Miyake et al. (2000).....	31
III. Le rôle des fonctions exécutives dans les apprentissages .....	31
1. Dans les apprentissages en général .....	31
2. Plus précisément, dans le langage écrit.....	32
a. <i>En production écrite</i> .....	32

b. <i>En lecture</i> .....	33
IV. L'inhibition .....	34
1. Définition .....	34
2. Modèle de l'inhibition selon Friedman et Miyake (2004).....	35
3. Développement des capacités d'inhibition .....	36
a. <i>Développement au fil de la croissance</i> .....	36
b. <i>Agir sur le développement de l'inhibition</i> .....	36
4. Evaluation des capacités d'inhibition.....	37
a. <i>Tests type Stroop</i> .....	38
b. <i>Cogner et frapper</i> .....	39
c. <i>Le barrage</i> .....	39
5. Le rôle de l'inhibition dans la lecture .....	40
a. <i>Le rôle de l'inhibition dans la lecture en général</i> .....	40
b. <i>Quelles implications en orthophonie ?</i> .....	41
<b>Problématique et hypothèses</b> .....	43
<b>Matériel et méthode</b> .....	45
I. Objectif de l'étude .....	45
II. Présentation de la population.....	46
1. Critères d'inclusion.....	46
2. Méthode de recrutement.....	46
3. Méthodologie : l'essai croisé .....	47
4. Suivi de l'étude selon la population réelle .....	49
III. Protocole de test.....	50
1. Présentation des épreuves .....	50
a. <i>Les épreuves d'inhibition</i> .....	50
i. <i>Notre « Stroop imagé »</i> .....	50
▶ <i>Présentation du matériel</i> .....	50
▶ <i>Conception du test</i> .....	52
ii. <i>Test des cloches (BALE)</i> .....	53
iii. <i>Cogner – Frapper (NEPSY)</i> .....	54
b. <i>Les épreuves de lecture</i> .....	55

i. <i>De syllabes (Alouette)</i> .....	55
ii. <i>De texte, le Géant Égoïste (BALE)</i> .....	55
iii. <i>De mots (liste de la BELEC)</i> .....	55
2. Obtention de scores, d'indices de vitesse et de précision.....	56
a. <i>Score d'inhibition</i> .....	56
b. <i>Score d'identification des mots écrits</i> .....	56
i. <i>Indice de précision</i> .....	56
ii. <i>Indice de vitesse</i> .....	57
3. Phase exploratoire du protocole de test.....	57
IV. Protocole d'entraînement avec le logiciel Inhipido ©.....	57
1. Présentation des exercices proposés.....	58
a. <i>Interférences</i> .....	58
b. <i>Mise à jour</i> .....	60
2. Modalités de l'entraînement.....	62
3. Déroulement de l'entraînement.....	63
a. <i>Installation du logiciel</i> .....	63
b. <i>Suivi à distance</i> .....	64
c. <i>Envoi des fiches consigne</i> .....	65
<b>Analyse des résultats</b> .....	67
I. Analyse du lien entre les scores en lecture et en inhibition avant entraînement.....	67
1. Les résultats du premier bilan.....	67
2. Exclusion des individus « extrêmes ».....	70
3. Coefficient de corrélation précision – inhibition.....	72
4. Coefficient de corrélation vitesse – inhibition.....	73
II. Analyse du lien entre les progrès réalisés en vitesse de lecture et en inhibition.....	74
1. Le protocole en essai croisé.....	74
2. Les résultats aux évaluations en vitesse et en inhibition.....	76
3. Lien entre les progrès en vitesse de lecture et les progrès en inhibition après entraînement.....	78
4. Lien entre les progrès en vitesse de lecture et la présence d'un entraînement.....	79
III. Analyse du lien entre les progrès réalisés en précision et en inhibition.....	81

1. Les résultats aux évaluations en précision et en inhibition .....	81
2. Lien entre les progrès en précision et les progrès en inhibition après entraînement..	83
3. Lien entre les progrès en précision et la présence d'un entraînement.....	84
<b>Discussion</b> .....	<b>86</b>
I. Synthèse des résultats selon nos objectifs et hypothèses .....	86
1. Les objectifs de départ.....	86
2. Première hypothèse.....	86
3. Deuxième hypothèse .....	87
4. Troisième hypothèse .....	87
II. Difficultés rencontrées .....	88
1. Recrutement de la population.....	88
2. Lourdeur du protocole.....	88
3. Gestion de l'entraînement à distance.....	89
4. Changement des régions.....	89
III. Réflexions méthodologiques sur notre étude .....	90
1. Concernant notre protocole de test .....	90
a. <i>Efficacité de ce protocole</i> .....	90
b. <i>Effet re-test</i> .....	91
c. <i>Analyse des erreurs</i> .....	91
2. Concernant le protocole d'entraînement .....	92
a. <i>Entraînement individuel informatisé</i> .....	92
b. <i>Entraînement à domicile en autonomie</i> .....	92
c. <i>Influence de la Mise à Jour en mémoire de travail dans les paramétrages de l'entraînement</i> .....	93
3. Concernant la population.....	93
a. <i>Faible échantillon</i> .....	93
b. <i>Choix de la population : enfants de CE1</i> .....	94
c. <i>Biais de sélection</i> .....	94
<b>Conclusion</b> .....	<b>95</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>98</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>106</b>

<b>Table des matières</b> .....	126
<b>Table des illustrations</b> .....	131
<b>Résumé</b> .....	133
<b>Abstract</b> .....	133

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

<b>FIGURE 1</b> : Modélisation des deux procédures de lecture. Casalis (2013). Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.....	15
<b>FIGURE 2</b> : Les réseaux impliqués dans la lecture. Dehaene (2007). Les neurones de la lecture: préface de Jean-Pierre Changeux. Paris: Odile Jacob. ....	18
<b>FIGURE 3</b> : Le lobe frontal par Lechevalier, Eustache, Viader, (2008). Cahier couleur. Neurosciences & cognition, i xviii.....	27
<b>FIGURE 4</b> : Schématisation de la répartition des enfants dans les groupes de l'essai croisé .	48
<b>FIGURE 5</b> : Schématisation du protocole d'essai croisé .....	49
<b>FIGURE 6</b> : Première étape de notre « Stroop imagé », la dénomination des couleurs .....	51
<b>FIGURE 7</b> : Deuxième étape du « Stroop imagé », la dénomination des couleurs de chaque objet.....	51
<b>FIGURE 8</b> : Dernière étape du « Stroop imagé », la dénomination des couleurs congruentes de chaque objet.....	52
<b>FIGURE 9</b> : Les dessins utilisés lors de la phase exploratoire.....	53
<b>FIGURE 10</b> : Les réponses motrices du premier pattern. Manuel de la NEPSY (Korkman et al., 1997).....	54
<b>FIGURE 11</b> : La nouvelle réponse motrice. Manuel de la NEPSY (Korkman et al., 1997) .....	54
<b>FIGURE 12</b> : Exemple issu d'un exercice d'interférence. Inhipido ©. ....	59
<b>FIGURE 13</b> : Exemple issu d'un exercice de mise à jour. Inhipido ©. ....	61
<b>FIGURE 14</b> : Schématisation initiale de l'essai croisé .....	75
<b>FIGURE 15</b> : Schématisation finale de l'essai croisé .....	75
<b>GRAPHIQUE 1</b> : Nuage de points - coefficient de corrélation : scores de précision et d'inhibition.....	73
<b>GRAPHIQUE 2</b> : Nuage de points - coefficient de corrélation : scores de vitesse et d'inhibition .....	74
<b>GRAPHIQUE 3</b> : Nuage de points - coefficient de corrélation : progrès en vitesse et en inhibition .....	79
<b>GRAPHIQUE 4</b> : Nuage de points - coefficient de corrélation : progrès en précision et en inhibition .....	83
<b>TABLEAU 1</b> : Population suivie durant notre étude .....	49
<b>TABLEAU 2</b> : Répartition des sessions d'entraînement.....	62

<b>TABLEAU 3</b> : Progression de base définie en amont pour le protocole d'entraînement sur le logiciel .....	63
<b>TABLEAU 4</b> : Suivi des résultats d'un enfant. Inhipido ©.....	64
<b>TABLEAU 5</b> : Résultats du bilan initial (B1).....	68
<b>TABLEAU 6</b> : Données relevées à partir des résultats du bilan initial.....	69
<b>TABLEAU 7</b> : Intervalle de référence appliqué aux scores de précision (gauche) et de vitesse (droite).....	70
<b>TABLEAU 8</b> : Résultats au bilan initial – enfants à exclure en rouge.....	71
<b>TABLEAU 9</b> : Évolution des données suite à l'exclusion des extrêmes.....	72
<b>TABLEAU 10</b> : Scores de vitesse et d'inhibition.....	77
<b>TABLEAU 11</b> : Effectifs réels pour le khi deux – vitesse.....	80
<b>TABLEAU 12</b> : Effectifs théoriques pour le khi deux – vitesse.....	80
<b>TABLEAU 13</b> : Scores de précision et d'inhibition.....	82
<b>TABLEAU 14</b> : Effectifs réels pour le khi deux – précision.....	84
<b>TABLEAU 15</b> : Effectifs théoriques pour le khi deux – précision.....	85

## RÉSUMÉ

---

Les mécanismes qui régissent l'apprentissage de la lecture sont nombreux et complexes. Parmi eux, les fonctions exécutives, et notamment la fonction d'inhibition, semblent tenir un rôle essentiel. En effet, de récentes recherches ont mis en lumière le lien qui existe entre l'activité de lecture et la fonction d'inhibition. Cette dernière, considérée comme une fonction centrale du développement cognitif de l'enfant, contribuerait au développement du langage écrit et des mécanismes de lecture. Pour soutenir l'importance de l'inhibition dans l'activité de lecture, nous avons travaillé auprès d'enfants normo-lecteurs de CE1, présumant que chez ces débutants les fonctions exécutives étaient d'autant plus sollicitées. Nous avons d'abord cherché à savoir si, avant entraînement, une corrélation existait entre les niveaux de précision et d'inhibition d'une part, et de vitesse et d'inhibition d'autre part. Ensuite, nous voulions démontrer qu'entraîner la fonction d'inhibition serait susceptible d'engendrer des progrès en lecture (en termes de vitesse et précision). Alors, 22 enfants ont pris part à un entraînement intensif de l'inhibition, avant et après lequel nous avons évalué leurs performances en lecture et en inhibition. Les résultats de notre étude n'ont pas permis la validation de nos hypothèses de travail. Toutefois, ces conclusions sont à relativiser. D'abord, l'entraînement choisi n'était probablement pas assez adapté à nos attentes, il serait intéressant d'utiliser un protocole d'amélioration de l'inhibition plus proche de l'activité de lecture. Ensuite, les tests utilisés pouvaient présenter des lacunes. Enfin, au vu du faible échantillon, les résultats énoncés ne peuvent être généralisés.

**MOTS-CLES : Fonctions exécutives – Inhibition – Lecture – Apprentissage – Entraînement informatisé – Normo-lecteur**

## ABSTRACT

---

A great number of complex mechanisms govern reading acquisition. Among these, executive functions, in particular the inhibitory function, appear to play a central role. Recent studies have indeed highlighted the relation between reading activity and the inhibitory function. The latter, which is considered to be a central function in the cognitive development of children appears to contribute to the development of written language and reading mechanisms. To highlight the importance of this function in reading activity, we worked with normal-reading Grade 2 children assuming that in these beginners, the executive functions were considerably activated. Our first aim was to find out whether in the absence of any training a correlation could be established between the levels of precision and inhibition on the one hand and of speed and inhibition on the other. The second stage was to demonstrate that a targeted training of the inhibitory function could possibly generate progress in reading (speed and precision). Twenty two children participated in intensive inhibitory training, before and after which we assessed their performance in reading and inhibition. The results of our study did not enable us to validate our working hypotheses. However, these results should be relativized. First the training we selected was thus probably not adapted to what we were expecting. It might therefore be useful to implement a protocol to improve inhibition that is more closely adjusted to the reading activity. In addition there may have been some lacks in the tests we used. Last, these results cannot be generalized, given the small sample involved.

**KEYWORDS: Executive functions – Inhibition – Reading – Learning – Computer-assisted training – Normal-reader**