



**HAL**  
open science

# Apport de la modalité tactile sur les habiletés numériques de base et le dénombrement dans le cadre de la dyspraxie visuospatiale: étude de cas

Valentine Chatelon

## ► To cite this version:

Valentine Chatelon. Apport de la modalité tactile sur les habiletés numériques de base et le dénombrement dans le cadre de la dyspraxie visuospatiale: étude de cas. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-02939694

**HAL Id: dumas-02939694**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02939694>**

Submitted on 15 Sep 2020

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

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

MÉMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE  
ET DU GRADE DE MASTER 2 D'ORTHOPHONIE**

Présenté et soutenu le 11 juin 2020 par

**Valentine Chatelon**

**Née le 20 septembre 1997 à Valence**

**APPORT DE LA MODALITÉ TACTILE SUR  
LES HABILITÉS NUMÉRIQUES DE BASE ET  
LE DÉNOMBREMENT DANS LE CADRE DE  
LA DYSPRAXIE VISUOSPATIALE : ÉTUDE  
DE CAS**

Directeur de Mémoire : **Isabelle Thubé-Poli**

Orthophoniste

Nice

**2020**

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Isabelle Thubé-Poli pour m'avoir soutenue et accompagnée avec bienveillance tout au long de cette année, autant dans ce mémoire que dans mes journées de stage.

Je remercie également tous les enfants qui ont accepté de participer à l'étude, leurs parents et toutes les personnes qui m'ont aidée à les rencontrer. Merci particulièrement à Sabine Ladreyt et Marine Amici qui, en plus d'avoir été de formidables maîtres de stage, m'ont aidée à recruter des enfants pour cette étude.

Merci aussi au Département d'Orthophonie de Nice et particulièrement à Auriane Gros pour son aide et sa présence toute cette année, notamment pendant la période de confinement.

Je remercie aussi Happy Neuron pour m'avoir permis d'utiliser librement la batterie Examath lors de mes passations.

Merci à mes parents de m'avoir permis de réaliser mes projets. Merci à ma mère pour ses relectures avisées et à mon père pour m'avoir aidée à construire le matériel nécessaire pour cette étude. Merci aussi à Hugo et Jules, dont la joie de vivre et l'humour ont rendu cette fin de mémoire en confinement moins pénible.

Je remercie grandement mes amies de toujours Anaïd, Camille et Marion. Merci à vous 3 de croire en moi comme personne, et de me soutenir depuis bien longtemps.

Merci aussi à toutes mes rencontres niçoises, à notre promo formidable.

Merci spécial à Agathe, Apolline, Clémence et Lisa pour tout ce qu'on a partagé, pour toutes ces journées passées ensemble à la fac et ailleurs, pour les soirées, et les milliers de fous rires.

Elise, malgré la distance, merci pour cette complicité dès les premiers instants.

Et enfin, un merci encore plus particulier à Meryl, Sophie et Laurine pour cette amitié si forte et si précieuse. Merci pour tout ce soutien et cette entraide. Vous avez été mes piliers niçois du début à la fin, je ne pouvais pas rêver à de plus belles rencontres qu'avec vous trois. Et nos aventures sont loin d'être terminées.

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Partie théorique</b> .....	2
<b>Chapitre 1 Habiletés numériques de base et dénombrement</b> .....	3
1 Le subitizing.....	3
2 L'estimation .....	4
3 La ligne numérique mentale.....	5
4 Le dénombrement .....	6
4.1 Définitions.....	6
4.2 Les 5 principes du dénombrement de Gelman .....	7
4.3 Limites des principes de Gelman .....	8
<b>Chapitre 2 dyspraxie et apprentissages mathématiques</b> .....	9
1 Trouble du développement de la coordination et dyspraxie visuo-spatiale.....	9
2 Conséquences sur les habiletés mathématiques .....	10
3 Liens avec les aspects sensoriels.....	12
<b>Partie pratique</b> .....	13
1 Problématique et objectifs.....	14
2 Matériel et méthode .....	15
2.1 Population.....	15
2.2 Matériel .....	16
2.2.1 Matériel pour les épreuves visuelles .....	16
2.2.2 Matériel pour les épreuves tactiles.....	17
2.3 Méthode.....	18
2.3.1 Procédure de passation.....	18
2.3.2 Analyse des scores .....	21
3 Résultats.....	22
3.1 Résultats répondant à l'objectif principal.....	22
3.1.1 Estimation .....	22
3.1.2 Ligne numérique .....	24
3.1.3 Dénombrement.....	26
3.2 Objectif secondaire 1 .....	28
3.3 Objectif secondaire 2.....	28
3.4 Objectif secondaire 3.....	28

<b>Discussion</b> .....	30
<b>Conclusions et Perspectives</b> .....	36
<b>Bibliographie</b> .....	37
<b>Annexes</b> .....	43

# INTRODUCTION

Les troubles d'apprentissage en mathématiques touchent aujourd'hui un grand nombre d'enfants, et ce dès le début de leur scolarité. Dans le cas d'un déficit du sens du nombre, on parle de dyscalculie primaire. Néanmoins, d'autres troubles développementaux peuvent être à l'origine d'une faiblesse dans les performances mathématiques. C'est le cas de la dyspraxie visuospatiale qui n'altère pas le sens du nombre ni le raisonnement logique, mais dont l'aspect spatial déficitaire sera un frein dans les apprentissages mathématiques.

Il apparaît donc que les difficultés numériques de ces enfants dyspraxiques seraient liées à des déficiences de structuration spatiale. Le lien étroit entre les représentations de l'espace et les habiletés numériques fait intervenir les aptitudes visuelles. Ce canal visuel est celui par lequel vont passer la plupart des découvertes en lien avec la numération, ainsi que tous les apprentissages mathématiques, qu'ils soient implicites et explicites. En ce sens, l'utilisation du canal tactile par les enfants avec dyspraxie visuospatiale permettrait-elle d'améliorer leurs performances dans différentes activités numériques de base ?

Afin de répondre à cette question, nous avons utilisé des épreuves visuelles normées et non normées, et créé les épreuves tactiles correspondantes. Nous avons exploité les résultats de trois enfants du même âge mais présentant des troubles différents. Le but de ces épreuves était de comparer les habiletés numériques de base et le dénombrement selon deux modalités (visuelle et tactile) entre trois populations (dyspraxique, dyscalculique, tout-venant).

Dans la partie théorique, nous définirons tout d'abord les trois habiletés numériques de base – le subitizing, l'estimation, et la ligne numérique mentale – ainsi que le dénombrement. Nous détaillerons leur fonctionnement, leur développement normal, et les liens qui peuvent exister entre eux. Dans un second temps, nous explorerons les relations entre dyspraxie développementale et troubles mathématiques, ainsi que les liens entre mathématiques et aspects sensoriels.

Dans la partie pratique, nous présenterons brièvement les trois sujets, leurs troubles, et leurs performances mathématiques. Nous détaillerons le matériel que nous avons utilisé, celui déjà existant et celui que nous avons créé. Nous préciserons la méthodologie utilisée, le déroulement des passations, l'objectif de chaque épreuve visuelle et de chaque épreuve tactile, et les moyens d'analyse des scores. Enfin, nous exposerons les résultats qui seront discutés et mis en lien avec les données actuelles sur les troubles mathématiques dans le cadre de la dyspraxie.

# **PARTIE THEORIQUE**

---

# CHAPITRE 1

## HABILETES NUMERIQUES DE BASE ET DENOMBREMENT

### 1 Le subitizing

Le terme *subitizing* a été proposé par Kaufman et al. en 1949. Il est dérivé du verbe latin *subitare* qui signifie « arriver soudainement ». Il désigne la capacité à discriminer 6 stimuli et moins sans avoir recours au comptage. A partir de 6, on observe plus d'erreurs, on se trouve donc dans le processus d'estimation. Le subitizing est un processus plus précis, plus rapide et plus sûr que l'estimation (Kaufman et al., 1949).

Plus tard, différentes études (Fayol et al., 2004; Krajcsi et al., 2013) montreront que cette capacité de subitizing ne permet d'appréhender que de toutes petites quantités, de 1 jusqu'à 3 ou 4. En 1991, on précise le terme en définissant le subitizing comme une appréhension quasi-instantanée du nombre qui doit conduire à un jugement absolu du nombre (Fischer, 1991).

Selon M. Pesenti et L. Rousselle, le terme subitizing désigne le processus qui permet de déterminer très rapidement et avec exactitude la numérosité de petites collections d'éléments (dans la plupart des études, des collections de points présentées très brièvement) (Van Hout, 2005).

Le subitizing naturel est opposé au subitizing par acquisition qui correspond à la perception rapide de petites quantités grâce à la reconnaissance de leur configuration. Le subitizing naturel permet quant à lui de percevoir de manière quasi-instantanée des petites quantités sans recourir au comptage, et ce quelle que soit la configuration de la collection (Clements, 1999). Il est qualifié de « naturel » car cette capacité est considérée comme quasi-innée. En effet, des travaux ont mis en évidence l'existence de compétences numériques précoces. Ainsi, les bébés seraient capables de discriminer et d'estimer des quantités de manière précoce (Camos, 2011).

Le subitizing est une compétence importante pour le développement de la compréhension des nombres. Il permet en effet d'appréhender certaines notions numériques, de découvrir la conservation, de comprendre l'unification, de développer le comptage ou la décomposition de nombre. Toutes ces notions seront précieuses pour l'acquisition du sens du nombre (Clements, 1999).

Si le subitizing permet de quantifier de très petites numérosités, d'autres habiletés sont nécessaires lorsque l'on s'intéresse à des collections plus importantes.

## 2 L'estimation

Si la taille de la collection à quantifier est trop importante pour être identifiée par subitizing, ou si le temps donné est insuffisant pour dénombrer, une réponse quantitative pourra tout de même être donnée, mais de manière approximative. C'est ce que l'on appelle l'estimation numérique globale (Van Hout, 2005).

Il semblerait que tout le monde, y compris les animaux, les nouveau-nés, et les adultes de toutes cultures possède cette capacité d'estimation, qui met en jeu le système numérique approximatif (SNA). Ce dernier correspond aux représentations mentales analogiques des quantités, qu'elles soient continues ou discrètes. Il s'agirait donc d'une connaissance innée et automatique qui permettrait de comparer rapidement des quantités (Fayol, 2013).

Le SNA est directement lié au processus d'estimation, il permet de percevoir approximativement de grandes quantités, de manière rapide et intuitive. Au sein de ce système on observe principalement deux effets. Premièrement, l'effet de taille montre qu'il est plus rapide de comparer des petites quantités que des grandes. Deuxièmement, l'effet de distance indique qu'il est plus rapide de comparer des quantités éloignées que des quantités proches (Lafay et al., 2013).

L'estimation peut permettre de quantifier de manière numérique, mais également de manière non-numérique. Dans ce cas, il est possible d'estimer des collections avec « un peu, beaucoup... » mais également par comparaison avec « plus, moins... ». La quantification peut donc renvoyer à une numérosité absolue comme à une numérosité relative (Bideaud et al., 2004).

Contrairement au subitizing qui correspond à une quantification exacte, l'estimation n'est qu'approximative, et donc inexacte. Chez les adultes, on observe une tendance à sous évaluer la numérosité d'une collection à mesure qu'elle devient plus importante. De plus, les erreurs d'estimation semblent être plus nombreuses lorsque les quantités augmentent. Ces effets sont également observés chez les enfants, à partir de 4-5 ans (Vilette et al., 2017).

A cet âge et jusqu'à environ 6 ans, l'estimation suit une loi logarithmique, puis devient un mélange de suites logarithmique et linéaire, avant de devenir uniquement linéaire vers 8 ans. Il semble que les différences individuelles observées sur les capacités d'estimation numérique soient fortement liées aux compétences mathématiques (Siegler & Booth, 2004).

Ainsi, un enfant ayant des troubles dans les apprentissages mathématiques aura des capacités d'estimation semblables à un enfant plus jeune ne présentant pas de trouble. La quantification

approximative via le processus d'estimation est donc en lien direct avec les habiletés arithmétiques (Desoete & Grégoire, 2006).

C'est pour cela que les outils d'évaluation mathématique cherchent à mesurer cette capacité d'estimation. L'analyse du traitement du code numérique analogique permet ainsi de rechercher un éventuel déficit du sens du nombre. Pour éviter de passer par un code symbolique, ces épreuves d'estimation, dans le Tedi-Maths (Van Nieuwenhoven et al., 2001) et le Zareki-R (Von Aster, 2005), proposent de comparer deux ensembles de points et d'indiquer où il y en a le plus (Lafay et al., 2014).

L'estimation est donc un processus indispensable pour quantifier approximativement et pour comparer des quantités, mais c'est également ce processus qui permettra de placer des nombres sur une ligne numérique, d'évaluer la cohérence du résultat d'un calcul ou de l'anticiper.

### **3 La ligne numérique mentale**

La ligne numérique mentale est une métaphore selon laquelle les nombres naturels seraient représentés sur une ligne mentale qui sous-tendrait le sens du nombre et permettrait l'acquisition chez l'enfant des compétences mathématiques (Habib, 2014). Tout se passerait donc comme si les différents nombres étaient alignés mentalement sur une ligne où chaque position correspondrait à une certaine quantité (Dehaene, 2010).

L'existence d'une telle représentation mentale de la ligne numérique est en lien avec le fait que les adultes associent une dimension spatiale aux nombres. Ainsi, les petits nombres sont intuitivement situés dans la partie gauche de l'espace, tandis que les grands nombres favorisent la partie droite (Izard et al., 2008).

Pour développer cette ligne mentale, des conditions sont nécessaires. En effet, il faut dans un premier temps acquérir le sens du nombre et la capacité à quantifier, puis acquérir les mots-nombres, les associer à une magnitude, et enfin, apprendre les symboles indo-arabes et les associer à la fois au nombre d'objets perçus et au mot-nombre correspondant (Lafay et al., 2018). Ces trois processus numériques (représentations analogique, orale et arabe) sont nécessaires au développement de la ligne numérique mentale (Von Aster & Shalev, 2007).

La capacité à placer des nombres sur une ligne numérique existerait dès 5 ans, mais deviendrait plus rapide avec l'âge, à mesure que les représentations numériques deviennent de plus en plus précises. Les tâches de ligne numérique sont donc directement en lien avec les représentations

numériques mentales, et la précision de cette ligne serait prédictive des aptitudes arithmétiques (Lafay et al., 2013).

Différents auteurs (Izard et al., 2008; Siegler & Booth, 2004) s'accordent à dire que la représentation mentale de la ligne numérique serait initialement logarithmique, et deviendrait linéaire au cours des apprentissages. Ainsi, lorsque cette fonction est logarithmique, la distance entre les nombres du début de la ligne serait plus importante que la distance entre les nombres du milieu de la ligne, elle-même plus grande que la distance entre les nombres de la fin de la ligne. Par exemple, dans ce type de représentation, la distance entre 1 et 75 est perçue comme plus grande que la distance entre 75 et 150 (Thevenot & Masson, 2013).

Des études sur des populations ayant un accès limité à l'école ont en effet montré que de manière intuitive, la ligne numérique mentale est d'abord logarithmique. Cela pourrait être dû au fait que les jeunes enfants qui comparent deux nombres vont plus facilement juger les similitudes que la distance qui les sépare. La ligne numérique dans sa représentation linéaire est donc une représentation culturelle, en lien avec les apprentissages scolaires (Izard et al., 2008).

Plus récemment, une étude s'est intéressée aux stratégies utilisées par des adultes pour positionner des nombres sur une ligne numérique. Ainsi, les adultes utilisent des repères pour estimer des nombres sur une ligne numérique, et se servent notamment d'un point central. Ils utilisent un balayage visuel de gauche à droite et ce quelle que soit la direction de la ligne (Di Lonardo et al., 2019).

Certaines habiletés numériques dites « de base » sont présentes de manière quasi-innée et progressent avec les apprentissages. D'autres nécessitent la mise en relation de différentes capacités apprises avant d'être réellement efficaces.

## **4 Le dénombrement**

### **4.1 Définitions**

Le dénombrement peut être défini comme une habileté mathématique, différente de la simple énonciation de la comptine numérique ou du comptage, qui consiste à "compter" (dénombrer) des objets pour identifier le nombre cardinal (Lafay et al., 2014). Il s'agit donc de faire le compte des unités composant un ensemble discontinu (Brin-Henry et al., 2011) et de déterminer le cardinal de cet ensemble. Dénombrer consiste à mettre en correspondance terme à terme des éléments d'une collection avec les éléments de la suite conventionnelle des noms de nombre (Van Hout, 2005).

Le dénombrement nécessite donc la connaissance verbale du comptage, mais également

l'acquisition de la signification cardinale des nombres. Il met donc en relation le langage avec les capacités numériques. Certains enfants ayant une bonne maîtrise du langage et donc du comptage verbal peuvent alors faire illusion sur leurs réelles compétences de comptage, notamment entre 3 et 6 ans (Fayol, 2013).

On différencie donc le dénombrement du comptage, qui se définit simplement comme étant une suite de nombres ordinaux. Pour passer du comptage au dénombrement, il faudra énoncer le dernier élément de la collection comme étant le cardinal de celle-ci. En comptant jusqu'au « n-ième » élément (ordinal), on trouve que l'ensemble comprend n éléments (cardinal). Les procédures sont similaires, mais ce sont les concepts évoqués qui permettent de distinguer les deux (Van Hout, 2005).

Il a été démontré que les enfants d'âge préscolaire ne sont pas capables d'associer la magnitude d'un nombre à sa représentation verbale. En effet, on observe une dissociation entre la capacité à réciter la chaîne numérique verbale et la capacité à dénombrer une collection, qui s'acquiert plus tardivement (Thevenot & Masson, 2013).

Ainsi, à 4-5 ans, les erreurs de dénombrement sont fréquentes, bien que les sujets en soient inconscients (Fayol, 1991). En effet, avant 6 ou 7 ans le dénombrement n'est pas encore suffisamment coordonné avec son but. Les erreurs de dénombrement montrent alors une mauvaise compréhension des relations entre les stratégies de comptage et les choses à compter. En coordonnant cela, les enfants pourront passer du comptage-numérotage au comptage-dénombrement (Bideaud et al., 2004).

En 1978, les travaux de Gelman et de ses collaborateurs ont permis de mettre en évidence cinq principes qui doivent être acquis pour parvenir à un dénombrement efficace.

#### **4.2 Les 5 principes du dénombrement de Gelman**

Les 5 principes ainsi définis sont les suivants :

- Le principe de correspondance terme à terme : à chaque objet correspond un mot nombre et un seul ;
- Le principe d'ordre stable : il faut respecter l'ordre conventionnel d'énumération des noms de nombres ;
- Le principe de cardinalité : il faut énoncer le dernier mot nombre cité dans le comptage pour exprimer la quantité d'éléments contenus dans la collection, ce mot nombre est le cardinal de la collection ;
- Le principe d'abstraction : dans une collection hétérogène, tous les éléments doivent être considérés comme des uns équivalents ;
- Le principe de non-pertinence de l'ordre : le comptage peut être commencé par n'importe quel objet de la collection.

Selon Gelman (Gelman & Gallistel, 1986), ces principes sont compris et applicables de manière isolée très tôt, dès 3-4 ans, mais c'est leur coordination qui est plus longue à acquérir. Le développement du dénombrement consiste donc d'une part en l'amélioration des procédures qui permettent d'appliquer ces principes à des collections de plus en plus vastes. D'autre part, il permet l'amélioration de la coordination des habiletés qui permettra d'éviter une surcharge mentale consécutive à la gestion et au contrôle de l'exécution. L'enfant qui a compris ces principes mais qui ne les a pas coordonnés se trouverait dans l'obligation d'exécuter une tâche multiple tout en contrôlant l'exécution de l'ensemble. Il serait alors « débordé » et commettrait des erreurs de dénombrement, qui sont plus nombreuses lorsque la taille de la collection est plus importante (Fayol, 1991).

Les principes du dénombrement de Gelman et Gallistel sont encore aujourd'hui admis et cités dans de nombreuses recherches, mais plusieurs auteurs y ont trouvé certaines limites.

### **4.3 Limites des principes de Gelman**

Selon Gelman, ces principes seraient quasiment innés. Cette idée est contestée par différents auteurs qui remarquent que ces principes sous-jacents ne sont pas génétiquement fondés. On ne connaît ni leur origine, ni leur développement (Vilette, 1994).

Il affirme que le dénombrement ne fait qu'actualiser un principe de comptage qui serait inné. Cela n'explique pas que certains enfants soient capables de dénombrer de petites numérosités avant même de savoir compter, ni que d'autres sachent compter parfaitement jusqu'à 10 alors qu'ils sont incapables de dénombrer les éléments d'une collection (Vilette, 1994).

Pour Fayol (Fayol, 1991), la conception que Gelman a du dénombrement est complète et ingénieuse, mais elle présente certaines faiblesses. En plus de ne pas avoir étudié comment se développent ces principes, il n'aurait pas suffisamment approfondi certains aspects de la maîtrise des principes.

Selon Camos, on peut considérer le dénombrement comme une activité nécessitant deux composantes : le pointage des objets et l'énonciation des mots-nombres. Le pointage consiste à faire passer chaque objet de la collection de l'ensemble des « encore-à-compter » à l'ensemble des « déjà-comptés ». Différents facteurs influencent la composante du pointage et donc les performances en dénombrement : la taille, la disposition, la forme, ou encore la couleur. L'énonciation de la suite verbale des mots-nombres nécessite l'acquisition de la chaîne numérique verbale et repose sur une forme phonologique des noms de nombre (Camos, 1999).

# CHAPITRE 2

## DYSPRAXIE ET APPRENTISSAGES MATHÉMATIQUES

### 1 Trouble du développement de la coordination et dyspraxie visuospatiale

Les termes dyspraxie, Trouble d'Acquisition de la Coordination (TAC), Trouble Développementale de la Coordination (TDC) sont retrouvés dans la littérature. Il n'y a actuellement pas de consensus quant à la terminologie. Pour Albaret (Albaret, 2007), les dyspraxies développementales sont des sous-ensembles des Troubles de l'Acquisition de la Coordination. Aujourd'hui l'appellation TAC est controversée à cause de son aspect trop généraliste et athéorique, elle ne rend pas compte de façon satisfaisante des perturbations (Costini et al., 2013).

Si les terminologies sont multiples, les définitions sont nombreuses également. La CIM 10 (Organisation Mondiale de la Santé, 2016) définit la dyspraxie comme un trouble spécifique du développement moteur. Le DSM-V (American Psychiatric Association, 2013) choisit le terme Trouble Développementale de la Coordination, qui entre dans la catégorie des troubles neurodéveloppementaux et des troubles moteurs. Ce trouble est défini par des compétences de coordination motrice inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique, et des difficultés traduites par une maladresse, une lenteur et une imprécision dans la réalisation de tâches motrices.

Le débat sur les terminologies est entretenu par la difficulté à déterminer ce qui doit être qualifié ou non de dyspraxie développementale. Le TDC renvoie plus à la coordination motrice tandis que la dyspraxie s'intéresse plutôt aux praxies et aux gestes (Costini et al., 2013).

La dyspraxie développementale est définie comme la perturbation de l'action d'un geste intentionnel en raison de dysfonctionnements au niveau de la planification et de la programmation cérébrale du mouvement. Elle semble être spécifique à un déficit de régulation sensorimotrice ou visuospatiale motrice qui perturbe la réalisation précise et efficace du geste (Vaivre-Douret et al., 2011).

En ce qui concerne les facteurs étiologiques, comme pour la majorité des troubles psychomoteurs, ils sont divers. On mentionne ainsi un trouble du développement cérébral, des facteurs héréditaires, des occasions d'apprentissage limitées. Enfin, la prématurité présente un facteur de risque, surtout pour les troubles visuoconstructifs (Albaret, 2006).

Classiquement, on divise la dyspraxie en deux sous-types classiques : les dyspraxies gestuelles ou les dyspraxies constructives. Au sein des dyspraxies constructives, on différencie les dyspraxies

visuoconstructives pures des dyspraxies visuospatiales. La dyspraxie visuospatiale est parfois aussi nommée trouble visuo-practo-spatial, elle associe trois secteurs de déficience : l'automatisation du geste, la coordination visuomotrice, et la construction des repères dans l'espace (Brin-Henry et al., 2011).

Chez un enfant présentant une dyspraxie visuospatiale développementale, on observe des décalages dans les acquisitions perceptivo-spatiales. La perception des dimensions et des orientations est cependant conservée (Rey-Roussel, 2018).

Si la conception de cette pathologie connaît un débat dans ses définitions, les déficits sous-jacents impliqués ne font pas non plus l'objet d'un consensus. Parmi eux, on trouve une atteinte des processus visuospatiaux. Les modèles sur l'apraxie de l'adulte ont permis de comprendre les répercussions de ces troubles visuospatiaux sur les atteintes du geste. Ainsi, dans le cas d'un geste effectué sous contrôle visuel direct, ce sont les transformations visuomotrices de l'espace et du corps qui seraient perturbées. Cela perturbe l'adéquation du geste à la position spatiale nécessaire selon les situations (Costini et al., 2014).

La dyspraxie visuospatiale est généralement à l'origine de troubles spécifiques des apprentissages pouvant concerner l'écriture, la lecture, mais également le domaine mathématique.

## **2 Conséquences sur les habiletés mathématiques**

Les apprentissages mathématiques nécessitent de pouvoir récupérer des informations visuelles pour représenter la réalité, mais également de pouvoir agir sur l'environnement par des conduites gestuelles. La dyspraxie visuospatiale entraîne à la fois des troubles praxiques et des troubles du regard, qui auront donc des incidences sur les apprentissages mathématiques. En effet, dès le début de la scolarité, l'apprentissage dans les mathématiques passe par des prises d'informations visuelles et des habiletés gestuelles. Les enfants dyspraxiques seront donc en difficultés à cause de ces deux aspects (Garel & Duquesne, 2004).

Les troubles du regard présents dans la dyspraxie visuospatiale majorent les troubles praxiques. Cela va donc freiner les apprentissages fondamentaux en mathématiques tels que le dénombrement et la cardinalité, la numération de position, ou encore les arrangements spatiaux des opérations (Rey-Roussel, 2018).

Les apprentissages mathématiques font donc appel aux capacités visuelles, praxiques, mais également au traitement spatial. Les aspects practo-spatiaux sont inhérents à l'objet mathématique,

mais les enfants avec dyspraxie visuospatiale seront dans l'impossibilité de les traiter. Ils seront donc dans l'impossibilité d'accéder au nombre, bien que leurs capacités en abstraction, en logique et en raisonnement soient normalement développées (Mazeau & Le Lostec, 2010).

Pour ces enfants, c'est donc l'aspect spatial qui fait défaut, et non pas le sens du nombre, ni le raisonnement logique. Les difficultés observées concerneront ainsi le dénombrement, l'arithmétique, et la géométrie (Mouchard Garelli et al., 2016).

Les troubles de la spatialisation perturbent principalement deux domaines : les orientations relatives et la topologie. L'écriture conventionnelle des nombres dépend de l'organisation spatiale et nécessite donc ces deux domaines. Les difficultés concernant la numération sont donc souvent liées à des déficiences dans la structuration spatiale (Crouail, 2008).

Un étude a montré que les enfants avec dyspraxie visuospatiale auraient une connaissance relativement bonne des faits numériques, ainsi que des performances en calcul oral similaires à des enfants sans trouble. De manière générale, les enfants avec dyspraxie visuospatiale n'ont pas de problème avec le calcul en lui-même, ni avec la manipulation des nombres. Les difficultés rencontrées en mathématiques seraient essentiellement liées à certains processus qui régissent le calcul, et particulièrement ceux qui nécessitent des capacités visuospatiales (Venneri et al., 2010).

Le trouble visuospatial touche une des composantes nécessaires au dénombrement : le pointage. Les enfants dyspraxiques obtiennent des résultats inférieurs aux enfants du même âge sans trouble pour les tâches de pointage et de dénombrement. Cela peut s'expliquer à la fois par les difficultés d'exploration spatiale et par les troubles oculomoteurs qui créent des difficultés dans le repérage de éléments et affectent donc ces deux tâches. Les enfants dyspraxiques font donc plus d'erreurs en dénombrement, et ils sont surtout beaucoup plus lents (Camos et al., 1998).

Le dénombrement chez les enfants dyspraxiques est donc rendu difficile par le pointage, mais également par la correspondance terme à terme qui n'est pas toujours efficace. Plus l'enfant compte une même collection, plus il commet des erreurs, sur lesquelles il n'a aucun contrôle. Il ne peut rien apprendre de ses erreurs et ne peut donc pas avoir confiance en l'invariance du nombre. Si le dénombrement est perturbé, les performances en ligne numérique sont également altérées par le trouble visuospatial. Il existe en effet un lien fort entre les capacités de localisation et la représentation de la grandeur numérique d'un nombre, soit sa magnitude sur une ligne numérique (Mazeau & Le Lostec, 2010).

Une étude a démontré que des faibles capacités visuospatiales ne changent pas la nature de la ligne numérique mentale. Celle-ci répond donc aux mêmes lois et aux mêmes effets que chez les personnes tout-venantes. En revanche, le trouble visuospatial entraîne une diminution de la précision de la ligne numérique mentale (Crollen & Noël, 2015).

### **3 Liens avec les aspects sensoriels**

La vision permet d'analyser précisément l'espace et les objets qui l'entourent, son rôle est donc fondamental dans le traitement des informations environnementales. La vision joue également un rôle dans le développement des compétences numériques. En effet, elle est indispensable pour le développement du comptage sur les doigts et pour l'utilisation d'une ligne numérique. Néanmoins, une étude a démontré que les personnes non-voyantes parviennent à développer un système de comptage efficace, même avec une utilisation moindre du comptage sur les doigts. La conclusion de l'étude suggère ainsi que les non-voyants manipulent les nombres en utilisant des processus sous-jacents différents des voyants (Crollen & Collignon, 2016).

Les études sur l'effet des entraînements multisensoriels sur les apprentissages numériques n'ont pas permis de mettre en évidence une amélioration de ces derniers. En revanche, l'utilisation de la modalité tactile permettrait d'améliorer la qualité du tracé des chiffres écrits (Gimbert et al., 2013).

Par ailleurs, il semblerait que les habiletés perceptivo-tactiles et visuospatiales constitueraient un facteur de prédiction des capacités numériques. Parmi elles, les épreuves perceptivo-tactiles prédiraient mieux les performances arithmétiques que des épreuves de quotient intellectuel. De plus, le fait d'ajouter une perception tactile à une performance visuelle permet d'améliorer les résultats des enfants à des épreuves neuropsychologiques (Marinthe et al., 1999).

Cette notion de lien entre perceptif et tactile renvoie à la notion de sens haptique. Ce dernier se définit comme l'activité simultanée et coordonnée des récepteurs tactiles et kinesthésiques qui fournissent de l'objet une perception unique en trois dimensions (Rigal, 2002). L'intégration de ce sens haptique dans les apprentissages permettrait une meilleure structuration des compétences que l'utilisation du seul canal visuel (Vitali, 2017).

## **PARTIE PRATIQUE**

---

## 1 Problématique et objectifs

La première partie a permis de préciser le fonctionnement des habiletés numériques de base dans le cas du développement normal. Celles qui dépendent du système numérique approximatif sont en partie innées, tandis que les habiletés impliquant un code symbolique nécessitent un apprentissage explicite. Ces différentes habiletés mathématiques peuvent toutes faire l'objet de difficultés dans le cas d'un trouble développemental. Ainsi, la dyspraxie développementale peut être à l'origine de troubles mathématiques qui lui sont secondaires. De manière plus précise, dans le cas de la dyspraxie visuospatiale, ce sont les troubles du regard et le déficit du traitement spatial qui ne permettent pas une entrée optimale dans les apprentissages mathématiques. En effet, ces apprentissages utilisent le canal visuel plus que n'importe quel autre sens. Un enfant présentant une dyspraxie visuospatiale se retrouvera donc dans l'impossibilité de traiter les aspects visuospatiaux inhérents à l'objet mathématique, et sera donc ralenti dans son accès au nombre (Mazeau & Le Lostec, 2010).

C'est en partant de cette réflexion que nous avons pu définir la **problématique** suivante : l'utilisation du canal tactile par les enfants avec dyspraxie visuospatiale permettrait-elle d'améliorer leurs performances dans différentes activités numériques de base ?

Cette étude aura pour **objectif principal** de comparer les habiletés numériques de base et le dénombrement selon deux modalités (visuelle et tactile) entre trois populations (dyspraxique, dyscalculique, et tout-venant).

Nous nous sommes également intéressés à **trois objectifs secondaires** pour approfondir les résultats de cette étude. Premièrement, il s'agira de déterminer si les perceptions tactiles permettent aux dyspraxiques de développer de meilleures habiletés numériques de base. Deuxièmement, nous chercherons à déterminer, chez le sujet dyspraxique, quels items sont les plus sensibles aux changements de modalités, et quelles en sont les causes. Troisièmement, nous chercherons à observer comment un enfant dyspraxique répond à des épreuves mathématiques qui sont normées sur des populations d'enfants tout-venant et dyscalculiques.

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 Population

Pour cette étude, nous avons cherché à recruter des enfants de profils différents : l'un d'eux devait présenter une dyspraxie visuospatiale, un autre un trouble d'apprentissage des mathématiques, et un dernier devait servir de témoin. Nous avons recruté différents enfants auprès d'orthophonistes, d'ergothérapeutes et d'enseignants dans deux départements, la Drôme et les Alpes-Maritimes. Nous avons conservé pour cette étude les résultats de trois enfants, choisis car ils ont le même niveau scolaire et le même âge chronologique (Tableau 1).

Sujets	Sexe	Age au moment de la passation des épreuves	Classe	Trouble diagnostiqué	Anonymisation
1	M	11 ans 9 mois	6 <sup>ème</sup>	Dyspraxie visuospatiale et visuoconstructive	Dp
2	F	11 ans 4 mois	6 <sup>ème</sup>	Dyscalculie	Dc
3	F	11 ans 8 mois	6 <sup>ème</sup>	Aucun	T

Tableau 1 : Présentation de la population d'étude

Lors de la passation des épreuves, chacun des sujets a entre 11 et 12 ans. Ils sont tous les trois nés en 2008 et tous scolarisés en classe de 6<sup>ème</sup>. Ils ont suivi une scolarité classique, sans redoublement. Ils se sont tous montrés très volontaires lors de la passation des épreuves.

Dp est un jeune garçon né en 2008. Il présente une dyspraxie mixte, visuospatiale et visuoconstructive, pour laquelle il est suivi en ergothérapie depuis plusieurs années. Il utilise au quotidien un ordinateur pour pallier ses difficultés, qu'il apprend à maîtriser durant ses séances d'ergothérapie. Dp est un enfant unique, il est droitier, et sa langue maternelle est le français.

Dc est une jeune fille née en 2008. Elle est suivie en orthophonie depuis le CP, pour un retard d'acquisition des compétences mathématiques. Après plusieurs années de prise en charge et d'importants progrès observés, sa prise en charge bénéficie d'une fenêtre thérapeutique depuis juin 2019. Dc a un grand frère et une grande sœur, elle est droitière et sa langue maternelle est le français.

T est une jeune fille née en 2008. Elle n'a jamais présenté de difficultés d'apprentissage et au cours de cette étude, elle sera le sujet témoin. Elle est l'aînée d'une fratrie de 2 enfants, elle est droitière, et sa langue maternelle est le français.

## 2.2 Matériel

### 2.2.1 Matériel pour les épreuves visuelles

Afin d'évaluer les performances mathématiques concernées par cette étude à travers la modalité visuelle, nous avons choisi d'utiliser Examath 8-15, une batterie informatisée d'examen des habiletés mathématiques (Lafay & Helloin, 2016). Cette batterie est éditée depuis 2016 par Happy Neuron, et ses co-auteurs sont Anne Lafay et Marie-Christel Helloin. Examath permet d'évaluer les habiletés mathématiques globales ainsi que les habiletés numériques de base chez les enfants scolarisés du CE2 à la 3<sup>ème</sup>. Un étalonnage a été réalisé sur 443 sujets, ce qui a permis d'établir des normes qui ont été réparties en 5 niveaux scolaires. Pour cette étude et au vue de l'âge scolaire de nos sujets, le niveau d'étalonnage de référence est 6<sup>e</sup>-5<sup>e</sup>.

Les épreuves de cette batterie sont réparties en 6 modules. Nous avons utilisé 3 épreuves du Module 1 : Habiletés numériques de base. Nous avons choisi de proposer ces épreuves pour répondre au mieux à nos objectifs et pour évaluer de façon pertinente les habiletés numériques que nous souhaitons étudier. De plus, ces 3 épreuves permettent d'obtenir des résultats qui seront comparables à la fois entre les sujets et entre les modalités.

L'épreuve *Ligne numérique* est divisée en 4 subtests, que l'on doit tous faire passer pour valider les scores. Nous avons choisi d'analyser uniquement les résultats de la ligne numérique de 0 à 100 avec présentation orale des items à placer. Nous choisissons la proposition orale qui sera facilement reproductible en tactile, tandis que la proposition arabe implique un traitement visuel.

L'épreuve *Identification de quantités* est divisée en 3 subtests qui visent l'évaluation du Système Numérique Précis (SNP) et l'évaluation du Système Numérique Approximatif (SNA). Le subtest *Subitizing* évalue le processus inné d'identification des quantités de 1 à 4, et le processus acquis par exposition d'identification des quantités de 1 à 9. Le subtest *Estimation* évalue le processus d'identification de grandes quantités de 8 à 99. Enfin, le subtest *Estimation pragmatique* évalue la capacité d'estimation fonctionnelle, en contexte, dans des situations quotidiennes.

L'épreuve *Dénombrement et calcul* est divisée en 2 subtests qui ont pour objectif d'évaluer l'habileté de dénombrement et la compréhension du concept de cardinalité. Le subtest *Identification d'une collection* évalue les capacités de dénombrement et les stratégies mises en place. Ainsi, le dénombrement de chaque point 1 à 1 n'est pas la stratégie optimale attendue ici. Le subtest *Production d'une collection* consiste quant à lui à évaluer la capacité de l'enfant à produire une quantité, en utilisant l'outil dénombrement.

D'après la définition de Van Hout citée dans la partie théorique, dénombrer consiste à mettre en correspondance terme à terme des éléments d'une collection avec les éléments de la suite conventionnelle des noms de nombre, et à déterminer le cardinal de cet ensemble. Le subtest *Dénombrement et calcul* disponible dans Examath évalue plus les techniques combinatoires que le comptage simple. Nous avons donc créé une épreuve de dénombrement simple, qui puisse être d'une part une épreuve plus pure, et d'autre part une épreuve plus facilement comparable à celle que nous proposerons en modalité tactile. Nous utilisons pour cela 10 planches cartonnées de format A5, sur lesquelles nous collons des gommettes de couleur qui seront les quantités à dénombrer (Annexe 1). Chaque planche contient donc entre 4 et 20 points de couleur, ce nombre étant défini aléatoirement.

Toujours dans l'objectif d'obtenir des résultats comparables avec ceux que l'on obtiendra en modalité tactile, nous choisissons d'évaluer l'estimation à travers les capacités de comparaison de quantités. Pour cela, nous utilisons le test Numeracy Screener (Ansari et al., 2014) qui est un outil de dépistage des difficultés de traitement du nombre et des quantités. Le cahier de passation comporte deux parties : la section symbolique et la section non-symbolique (points). Nous utilisons seulement cette deuxième section qui nous renseignera sur les capacités d'estimation numérique de chaque sujet. Les normes disponibles sur le site Internet nous permettent d'analyser leur résultat en fonction de leur âge chronologique. Les consignes de passation que nous utilisons sont celles de la version traduite en français (Lafay et al., 2018).

### 2.2.2 Matériel pour les épreuves tactiles

Actuellement, il n'existe aucun test normé pour évaluer les habiletés numériques à travers le canal tactile. D'après les définitions de chaque habileté, et dans une volonté de pouvoir comparer ces épreuves aux épreuves visuelles, nous avons créé les épreuves tactiles suivantes.

Pour chacune des épreuves suivantes, les sujets étaient privés du sens de la vue, afin de répondre à chaque consigne en utilisant exclusivement le sens tactile. Ils portaient donc un masque occultant sur les yeux.

Afin d'évaluer les performances en **estimation** dans des conditions qui soient comparables à celles du Numeracy Screener, nous avons créé des cartes en relief (Annexe 2). L'estimation numérique globale est permise par le système numérique approximatif (SNA). Ce système permet d'appréhender les quantités lorsqu'elles sont trop importantes pour le subitizing et lorsque le temps disponible ne permet pas de dénombrer la collection (Piazza, 2011). Le SNA permet donc de donner une réponse approximative. Nous avons choisi ici de suivre le même type de consignes que celles du Numeracy

Screeners, et de présenter nos cartes deux à deux, dans le but de les comparer. Pour ce faire, nous avons créé 10 cartes en carton, de 5 cm x 5 cm. Chaque carte représente une quantité entre 1 et 10. Chaque quantité est matérialisée par des têtes d'épingles qui donnent le relief, et qui sont positionnées de manière aléatoire et dispersée. Nous présentons les cartes 2 à 2 en suivant un ordre de présentation défini aléatoirement.

En ce qui concerne la **ligne numérique**, il fallait une épreuve tactile qui corresponde à l'épreuve visuelle issue de la batterie Examath. Nous construisons donc une ligne numérique tactile à l'aide d'une planche en bois, que nous graduons de 0 à 100 (Annexe 3). Cette graduation nous permet d'une part d'observer avec précision la position des nombres, et d'autre part de pouvoir analyser les deux lignes avec les mêmes limites (0-100). Nous choisissons de présenter les items à placer sur la ligne à travers un ordre oral, pour ne pas faire intervenir le canal visuel et analyser uniquement les capacités tactiles. La planche en bois permet une manipulation facile, et une graduation précise. Nous fixons sur celle-ci une corde, qui représente la ligne numérique, et un écrou qui servira de curseur pour placer les nombres au bon endroit (construction détaillée en Annexe 4).

Quant au **dénombrement** nous voulions, de la même manière que via le canal visuel, l'analyser de manière pure. Afin de pouvoir comparer les résultats, nous créons une épreuve tactile qui utilise les mêmes capacités et les mêmes outils. Pour ce faire, nous avons créé une épreuve de comptage simple en utilisant 10 groupes de perles à compter les yeux bandés. Le sujet doit mettre en correspondance terme à terme les perles de la collection avec la chaîne numérique verbale, et ainsi trouver le cardinal de la collection. Nous utilisons pour cette épreuve une boîte dont l'enfant peut se servir pour déposer les perles comptées ; et un couvercle où l'on dépose les perles à compter. Chaque groupe de perles en contient entre 4 et 20, ce nombre étant défini aléatoirement (Annexe 5).

## 2.3 Méthode

### 2.3.1 Procédure de passation

Dans une volonté de pouvoir comparer des résultats obtenus dans les mêmes conditions, nous avons, dans la mesure du possible, respecté une procédure de passation similaire pour chacun des sujets. Nous avons également suivi le même ordre de présentation des épreuves et un seul et même examinateur a réalisé les passations de tous les sujets. Chacune des passations a duré entre 40 et 60 minutes. Celles-ci ont été réalisées au sein de cabinets paramédicaux, ou lorsque ce n'était pas envisageable, au domicile des sujets, dans des pièces calmes et silencieuses.

Pour reporter les résultats des épreuves qui ne sont pas normées, nous avons créé une feuille de passation que nous utilisons pour chacun des sujets (Annexe 6). Celle-ci contient un tableau par épreuve créée, avec les items proposés, une colonne pour écrire les résultats, une place pour reporter le score total, et une place pour reporter le temps total.

Dans un premier temps, nous administrons les **épreuves visuelles**, dans l'ordre qui suit. Nous commençons avec les 3 épreuves issues de la batterie Examath 8-15. L'enfant est placé face à l'ordinateur, assis à bonne hauteur, et nous, en tant qu'examinateur, nous asseyons à côté de lui, de manière à voir l'écran et à pouvoir utiliser le clavier.

D'abord, nous proposons l'épreuve *Ligne numérique* en nous intéressant particulièrement au subtest oral 0-100, qui est une épreuve de placement de nombres oraux sur une ligne numérique de 0 à 100. Dix nombres oraux de 1 à 99 sont proposés au sujet qui doit décider de la position correspondante sur une ligne horizontale. Le sujet doit cliquer rapidement sur un endroit de la ligne et peut ajuster sa réponse si besoin avec le curseur. Nous appuyons ensuite sur la touche espace pour valider. Après 6 secondes, l'item disparaît. Le scorage automatique calcule une distance moyenne à la réponse et un temps moyen par item en millisecondes est calculé automatiquement.

Dans un second temps, nous présentons l'épreuve *Identification de quantités*. Pour les subtests Subitizing et Estimation, le sujet répond oralement, puis nous saisissons la réponse du sujet dans le champ de saisie. Les items du Subitizing sont affichés pendant un temps très bref de 500 millisecondes et ceux de l'Estimation, pendant 1000 millisecondes. Le score du Subitizing est calculé automatiquement sur 9, tandis que le scorage de l'Estimation calcule une distance moyenne à la réponse. Pour chacune des épreuves, un temps moyen par item en millisecondes est calculé automatiquement. Pour le dernier subtest Estimation pragmatique, 9 énoncés oraux sont proposés au sujet qui doit juger si cela représente « peu ; normal ; beaucoup ». Un score total sur 9 est calculé automatiquement.

Pour terminer avec la batterie Examath, nous proposons l'épreuve *Dénombrement et calcul*. Le sujet doit d'abord identifier 8 collections, pour lesquelles il donne sa réponse verbalement. L'examinateur clique ensuite sur l'image correspondante à chacune des possibilités suivantes : mauvaise réponse ; bonne réponse mais stratégie immature ; bonne réponse et stratégie adéquate. Un score total sur 16 est calculé, ainsi que le temps total en secondes. Quant à l'épreuve de production de collection, c'est le sujet qui manipule la souris pour déplacer les cartes et former les quantités

demandées. Un score total sur 24 est calculé automatiquement, selon une cotation précise en fonction des stratégies du sujet.

Ensuite, nous administrons la section non-symbolique du Numeracy Screener. Pour cela, nous nous asseyons à côté de l'enfant et nous plaçons le cahier de passation devant lui. Nous lui présentons le premier item d'exemple de la façon suivante : « Regarde ces ensembles de points. Quelle case a le plus de points ? La case de droite a le plus de points, on peut donc mettre une trait sur la case de droite. » Nous lui laissons faire les items de pratique/essai de cette façon, en lui précisant qu'il ne doit pas compter les points mais deviner quel côté a le plus de points. Après cet essai, nous lui indiquons qu'il dispose d'une minute pour en faire le plus possible, et nous lui laissons les 4 pages. Nous le laissons tourner les pages seul, et nous chronométrons pendant qu'il compare chaque paire de points. Au total, 56 items sont présentés, parmi lesquels nous comptons le nombre de réponses correctes.

Enfin, la dernière épreuve visuelle que nous proposons est celle du dénombrement simple. Pour celle-ci, l'enfant est assis et nous positionnons chacune des planches à compter sur la table, face à lui. La consigne est la suivante : « Tu dois compter le nombre de points qu'il y a sur cette planche, et me dire combien tu trouves. Tu n'as pas le droit d'utiliser tes doigts, ce sont tes yeux qui doivent bouger pour compter. » Pour calculer le score de distance nous notons sur la feuille de passation, pour chaque item, l'écart entre la réponse attendue et la réponse produite. Cela nous permet d'obtenir un score de distance total pour les 10 cartes présentées. Nous chronométrons cette épreuve pour obtenir le temps total en secondes.

Dans un second temps, nous administrons toutes les **épreuves tactiles**, pour lesquelles les sujets doivent avoir les yeux bandés. Toutes ces épreuves sont chronométrées, nous notons en secondes le temps utilisé pour chaque épreuve.

Nous proposons d'abord l'épreuve d'estimation. Le sujet, privé du sens de la vue, pose ses mains sur la table, paumes vers le ciel et doigts serrés. Nous lui donnons la consigne suivante : « Je vais te poser une carte sur chaque main, sur le bout de tes doigts. Tu dois me dire dans quelle main tu sens le plus de points. » Nous lui posons donc la première paire de cartes sur les doigts, en maintenant une pression d'environ une seconde. Le sujet a deux possibilités de donner sa réponse : soit il nous dit « dans la main gauche » ou « dans la main droite » ; soit il lève la main dans laquelle il a senti le plus d'épingles. Nous notons si sa réponse est correcte ou non dans le tableau correspondant sur la feuille de passation, à l'aide des signes « + » et « - ». Nous procédons de la même façon pour les 10 paires de cartes, cela nous permet d'obtenir un score total sur 10.

L'épreuve que nous proposons ensuite est celle de la ligne numérique tactile. Nous nous assurons que l'enfant ait bien les yeux cachés avant de lui présenter la planche, pour qu'il la découvre uniquement à travers le canal tactile. Nous prenons le temps de lui demander ce qu'il sent sur cette planche, de lui présenter les différents éléments, et de lui expliquer à quoi ils vont servir. Nous lui proposons de positionner sa main au niveau du premier creux, nous lui indiquons que ça représente le 0. Nous procédons de la même manière pour le creux qui représente le 100. Enfin, nous lui faisons sentir le dernier creux, en lui disant « celui-ci est au milieu, à ton avis, ici, c'est combien ? ». Après ce temps de présentation, nous lui demandons de positionner l'écrou sur le 0, puis sur le 100, pour s'assurer de la bonne compréhension du fonctionnement de la planche. Une fois que le matériel est exploré et que la situation est comprise, nous lui énonçons la consigne suivante : « Je vais te dire un nombre, tu dois placer l'écrou à l'endroit de la ligne où tu penses qu'on trouve ce nombre. » Pour chacun des 10 items proposés, nous regardons où l'enfant a placé l'écrou sur la ligne, et grâce à la graduation, nous pouvons obtenir un nombre précis, que nous reportons dans le tableau correspondant sur la feuille de passation. Cela nous permet d'obtenir un score de distance total et de calculer un score de distance moyen par item.

Nous terminons les épreuves tactiles par le dénombrement. Toujours les yeux bandés, le sujet va devoir compter chaque tas de perles que nous lui présentons. Nous lui donnons la consigne suivante : « Je te donne un tas de perles, je les pose dans le couvercle. Tu dois toutes les compter et me dire combien il y en a dans le tas. Tu peux t'aider de la boîte que je pose devant toi. » De la même manière que l'épreuve visuelle correspondante, nous obtenons un score de distance total.

### **2.3.2 Analyse des scores**

Afin de répondre à notre objectif primaire qui est de comparer les habiletés numériques de base et le dénombrement entre 2 modalités et entre nos 3 sujets, nous allons analyser les scores des épreuves normées, ceux des épreuves créées, ainsi que les temps de réponses, moyens ou totaux.

Nous procédons à une analyse qualitative et à une comparaison des scores et des temps de réponses entre chaque sujet et entre chaque modalité.

Ainsi, nous organisons la présentation des résultats épreuve par épreuve, dans l'ordre suivant : estimation, ligne numérique, dénombrement. Pour chacune de ces habiletés, nous comparons les résultats entre tous les sujets et entre les deux modalités.

### 3 Résultats

#### 3.1 Résultats répondant à l'objectif principal

L'objectif principal de notre étude consiste à comparer les habiletés numériques de base et le dénombrement selon deux modalités et entre trois populations. Pour chacune des trois habiletés que nous étudions – estimation ; ligne numérique ; dénombrement – nous confrontons les résultats des trois sujets – T étant le sujet témoin ; Dc le sujet dyscalculique ; et Dp le sujet dyspraxique – et nous rapprochons les résultats des deux modalités étudiées – visuelle et tactile.

##### 3.1.1 Estimation

Nous avons reporté tous les scores en pourcentages afin de pouvoir les comparer. Les pourcentages de réussite en modalité visuelle correspondent au nombre d'items réussis sur le nombre d'items total, pour la section non-symbolique du test Numeracy Screener. Les pourcentages de réussite en modalité tactile représentent quant à eux les scores sur 10 à l'épreuve d'estimation tactile créée pour correspondre.

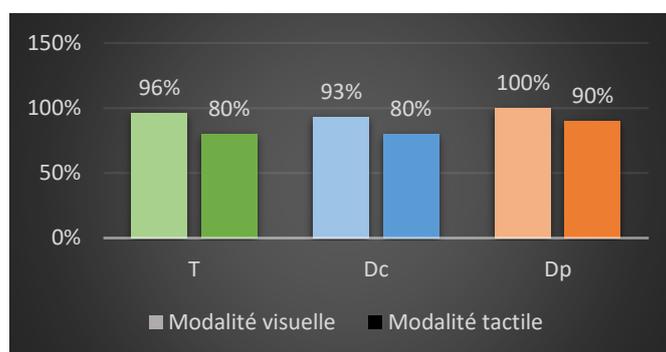


Figure 1 : Pourcentages de réussite aux épreuves d'estimation

La figure 1 illustre le fait que tous les sujets obtiennent des scores plus élevés dans la modalité visuelle que dans la modalité tactile, avec des pourcentages de réussite plutôt élevés car tous sont situés entre 80 et 100%. Dans la modalité visuelle, Dp obtient le score maximal, tous les items qu'il traite sont réussis. Il a ainsi un pourcentage de réussite plus élevé que le sujet T de 4%, et plus élevé que le sujet Dc de 7%. Dp a également un score plus élevé que les autres sujets en modalité tactile, malgré un réflexe de crispation que nous pouvons observer lors de la présentation des cartes tactiles dans sa main. T et Dc obtiennent quant à eux le même score en modalité tactile, qui est 10% plus bas que celui de Dp.

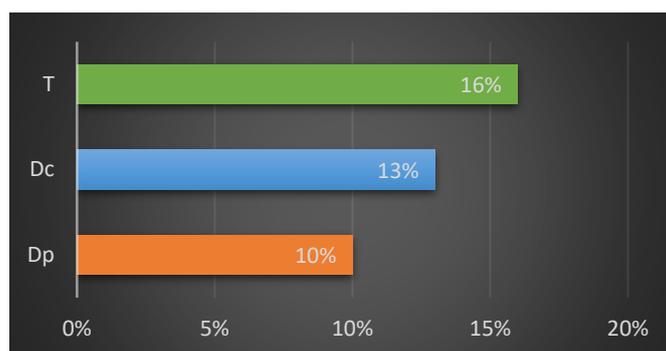


Figure 2 : Ecart de réussite entre la modalité visuelle et tactile

La figure 2 nous indique qu'en plus d'avoir obtenu les meilleurs scores dans chacune des modalités, le sujet Dp présente l'écart le moins important entre l'épreuve visuelle et l'épreuve tactile. Son score en visuel est plus élevé que le tactile de 10%, tandis que pour le sujet T, l'écart est plus marqué avec 16% de réussite en plus en visuel.

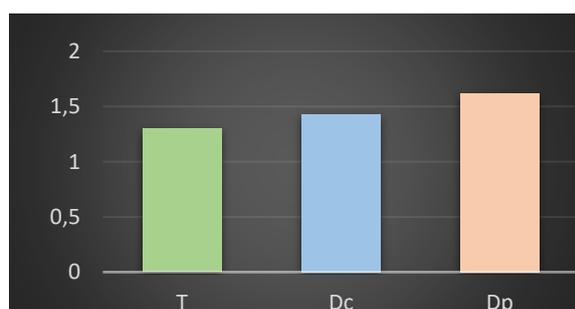


Figure 3 : Temps moyen par item en secondes - Estimation visuelle

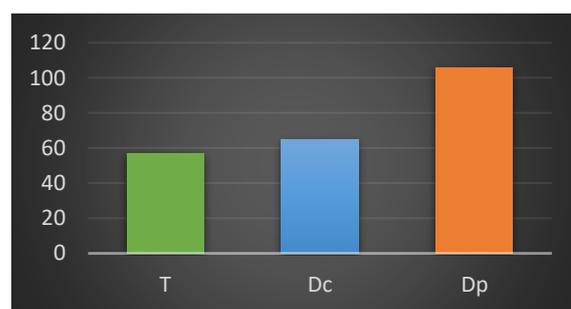


Figure 4 : Temps total en secondes - Estimation tactile

Les temps de réponse moyen en estimation visuelle sont proches (Figure 3), situés entre une et deux secondes pour tous. Nous pouvons noter que le sujet T est le plus rapide et que le sujet Dp est celui qui a besoin de plus de temps. En effet, en une minute de passation pour le test Numeracy Screener, T et Dc ont répondu à plus d'items que Dp, mais ils ont commis des erreurs de comparaison alors que Dp a un taux de réussite de 100%.

Les différences de temps sont plus marquées en estimation tactile (Figure 4). En effet, le sujet Dp, dont le score était le plus élevé, a besoin de plus de temps pour donner ses réponses. Si T et Dc ont répondu à tous les items en environ une minute, il faut 45 secondes de plus à Dp pour la totalité de l'épreuve.

Finalement, pour les épreuves d'estimation des deux modalités, le sujet Dp se démarque d'une part avec des scores plus élevés et un écart entre les deux plus faible, et d'autre part avec des temps de réponse plus longs.

### 3.1.2 Ligne numérique

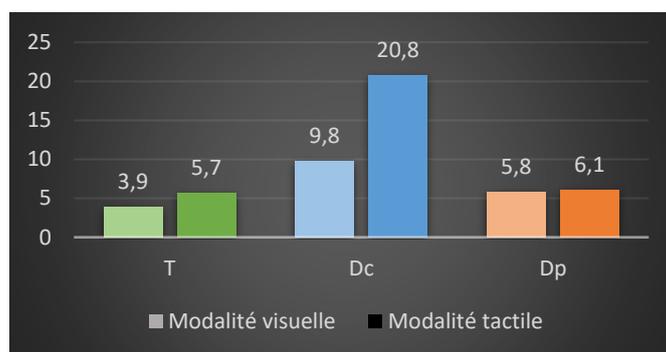


Figure 5 : Scores de distance moyens aux épreuves de ligne numérique

La figure 5 compare les scores de distance moyens des lignes numériques des deux modalités. Les scores de distance moyens de la ligne numérique visuelle sont ceux calculés par la batterie Examath. Nous avons calculé ceux de la ligne numérique tactile de la même manière. Dans les deux cas, plus ils sont élevés, moins les performances du sujet sont bonnes. Le score moyen représente donc la distance moyenne à laquelle le sujet place le curseur du nombre attendu. Le score du sujet T signifie qu'il place le curseur en moyenne à 3,9 de la distance demandée. Par exemple, si le nombre proposé oralement est 10, l'enfant T le place à 13,9 ou à 6,1.

Aux épreuves de ligne numérique, le sujet T obtient, dans les 2 modalités, les scores de distance les moins élevés, avec des performances un peu supérieures en modalité visuelle. Sur la ligne tactile, sa stratégie est d'utiliser la main droite pour bouger l'écrou, et la main gauche pour garder les repères, notamment en restant sur le creux représentant 50.

Le sujet Dc montre, lui aussi, des meilleures performances en modalité visuelle, avec un écart plus important, son score de distance en tactile étant presque le double de son score de distance en visuel. Dc se trouve en difficulté face à la ligne tactile car il n'est pas sûr de savoir ce que représente le milieu, il place plusieurs nombres supérieurs à 50 entre 0 et 50. Il ne maîtrise pas non plus le comptage de 10 en 10, nécessaire ici pour se représenter la ligne sans la voir. Globalement, il ne semble pas à l'aise sur cette épreuve, ce qui se traduit par un score de distance très important de 20,8, alors que nous remarquons moins de problèmes avec la batterie informatisée, qui indique également un score moins important.

Le sujet Dp présente des scores légèrement plus élevés que le sujet témoin. Pour les deux lignes numériques, il utilise beaucoup le langage pour se faciliter la compréhension et le placement des nombres. Il parle beaucoup et s'explique ce qu'il fait à lui-même. Il utilise ses deux mains pour la ligne tactile, en essayant d'estimer les distances d'une main et de manipuler l'écrou de l'autre.

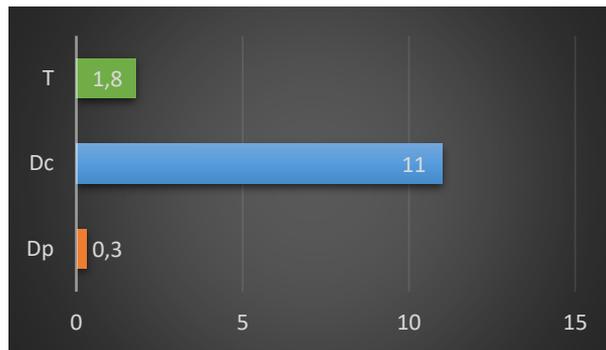


Figure 6 : Ecart de réussite entre la modalité visuelle et tactile

La figure 6 illustre les écarts entre les deux modalités de chacun des sujets. Pour les épreuves de ligne numérique, le sujet Dp est celui qui obtient l'écart le moins important avec un écart proche de 0. D'un point de vue qualitatif, il semble en effet autant à l'aise dans les deux modalités. Au contraire, le sujet Dc présente un écart très important entre les deux modalités et se montre davantage en difficulté face à l'épreuve tactile. L'écart du sujet T, qui obtient des bons scores pour les deux modalités, montre une performance supérieure en visuel.

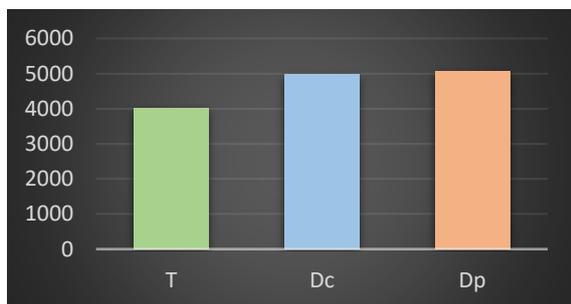


Figure 7 : Temps moyen par item en ms - Ligne numérique visuelle

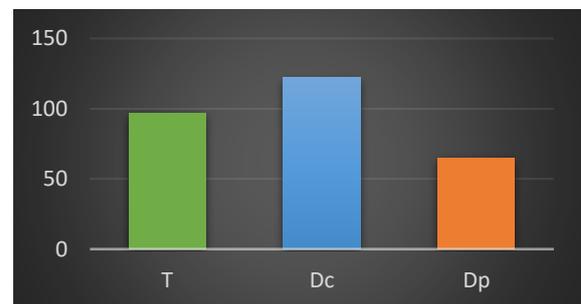


Figure 8 : Temps total en s - Ligne numérique tactile

En modalité visuelle (Figure 7), les temps moyens de réponse sont assez homogènes entre les sujets, nous pouvons tout de même noter que le sujet T est le plus rapide. Il y a plus de disparités en modalité tactile (Figure 8). Le sujet Dc a mis environ deux minutes pour traiter tous les items, tandis que le sujet Dp les a tous réalisés en à peine plus d'une minute.

Le sujet Dp, qui était le plus lent sur les épreuves d'estimation, a également le temps le plus important sur la ligne numérique visuelle. Néanmoins, il est le plus rapide, et de loin, sur la ligne numérique tactile.

Sur ces épreuves de ligne numérique, Dp n'obtient pas les meilleures scores, mais il a encore une fois l'écart le moins important entre les deux modalités.

### 3.1.3 Dénombrement

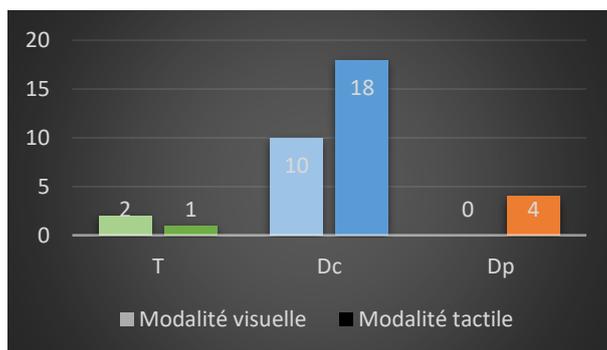


Figure 9 : Score de distance total aux épreuves de dénombrement

La figure 9 présente les résultats aux épreuves de dénombrement, qui sont des épreuves créées, et donc non normées, pour les deux modalités. Comme pour les lignes numériques, les scores de distance illustrent des meilleures performances lorsqu'ils sont plus bas. Pour ces épreuves, le score de distance est calculé sur le total des items de chaque épreuve. Ainsi, le score de T en modalité visuelle signifie que sur le nombre total d'éléments à compter, il avait un écart de 2. Le sujet T a donc des scores très bons dans les deux modalités, puisque proches de 0. Pour le dénombrement tactile, il a utilisé deux stratégies. D'abord, il prenait plusieurs perles dans la main droite, tandis que la main gauche vérifiait que les perles ne sortent pas de la boîte et du couvercle. Dans un second temps, il avait un tas de perles dans chaque main et les faisait tomber une par une en alternant les deux mains.

Le sujet Dc obtient des scores élevés, qui se traduisent par des performances moins bonnes, notamment en modalité tactile où de nombreuses erreurs sont commises, avec parfois de grands écarts entre la quantité présentée et la quantité comptée. Pour cette épreuve, Dc utilise les deux mains, parfois ensemble, parfois séparément, et prend plusieurs perles en même temps, en oubliant plusieurs fois une au fond du couvercle.

Le sujet Dp ne commet aucune erreur en modalité visuelle. Il utilise des stratégies efficaces, notamment le comptage des points couleur par couleur. Ces stratégies confirment que les principes de Gelman détaillés en partie théorique sont acquis. Encore une fois, il utilise le langage pour rester concentré et s'assurer de ce qu'il fait, il nous parle tout au long de l'épreuve. Pour le dénombrement tactile, il commet quatre erreurs sur le premier item car il recompte certaines perles plusieurs fois. Les neuf items qui suivent sont tous réussis.

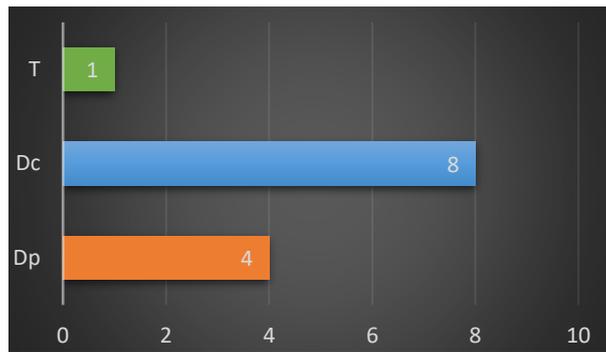


Figure 10 : Ecart de réussite entre la modalité visuelle et tactile

Le sujet T qui a dans les deux modalités des scores proches de 0 présente l'écart le moins important, comme le montre la figure 10. Le sujet Dc est à nouveau ici moins performant dans la modalité tactile que dans la modalité visuelle, avec un important écart de 8. L'écart du sujet Dp correspond aux 4 perles comptées en trop en modalité tactile. Avec un score en visuel de 0, cela lui donne un écart plus important que T.

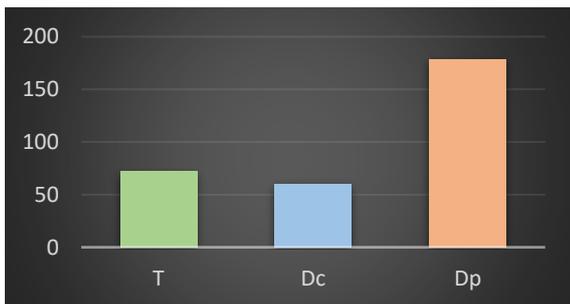


Figure 11 : Temps total en secondes - Dénombrement visuel



Figure 12 : Temps total en secondes - Dénombrement tactile

En modalité visuelle (Figure 11), Dp est le sujet le plus lent, il prend son temps en mettant en place différentes stratégies et en exprimant oralement chacune d'elles. Il a ainsi besoin de trois minutes tandis que les autres sujets finissent l'épreuve en moins d'une minute et trente secondes. Néanmoins, cela lui permet d'obtenir le score maximal de 0.

Pour le dénombrement tactile (Figure 12), les temps totaux sont plus longs à cause des temps nécessaires à la manipulation des perles et aux changements d'items. Le sujet T est le plus rapide avec environ 4 minutes, tandis que les sujets Dc et Dp prennent tous les deux plus de temps, entre 5 et 6 minutes.

### **3.2 Objectif secondaire 1**

Le premier objectif secondaire vise à déterminer si les perceptions tactiles permettent aux dyspraxiques de développer de meilleures habiletés numériques de base. D'après la figure 1, les performances de Dp en estimation sont meilleures dans la modalité visuelle que dans la modalité tactile. Selon la figure 5, les épreuves de ligne numérique de Dp montrent des résultats équivalents, avec une performance légèrement meilleure en visuel. Enfin, la figure 9 illustre les épreuves de dénombrement. Ici encore, Dp obtient de meilleurs résultats avec la modalité visuelle qu'avec la modalité tactile.

### **3.3 Objectif secondaire 2**

A travers le deuxième objectif secondaire, nous cherchons à déterminer, chez le sujet dyspraxique, quels items sont les plus sensibles aux changements de modalités, et quelles en sont les causes. Tout d'abord, au regard des résultats aux épreuves d'estimation et surtout de l'écart entre les deux modalités (Figure 2), nous constatons que, bien que les résultats soient meilleurs en visuel, l'écart du sujet Dp est moins important que celui des autres sujets, avec seulement 10% de différence entre les deux modalités. Quant à la ligne numérique la figure 6 illustre que l'écart entre les 2 modalités est très proche de 0, les performances sont donc relativement identiques malgré le changement de modalité. Enfin, les épreuves de dénombrement (figure 10) situent la modalité tactile à 4 points de moins que la modalité visuelle. Finalement, c'est l'épreuve de la ligne numérique qui présente l'écart le moins important entre les 2 modalités.

### **3.4 Objectif secondaire 3**

Ce dernier objectif secondaire consiste à observer comment un enfant dyspraxique se situe face à ces épreuves, normées sur des populations d'enfants tout-venant et dyscalculiques. Nous mettons ici en regard les résultats du sujet Dp aux épreuves normées que nous avons faites passer – Examath et Numeracy Screener – avec ceux des 2 autres sujets.

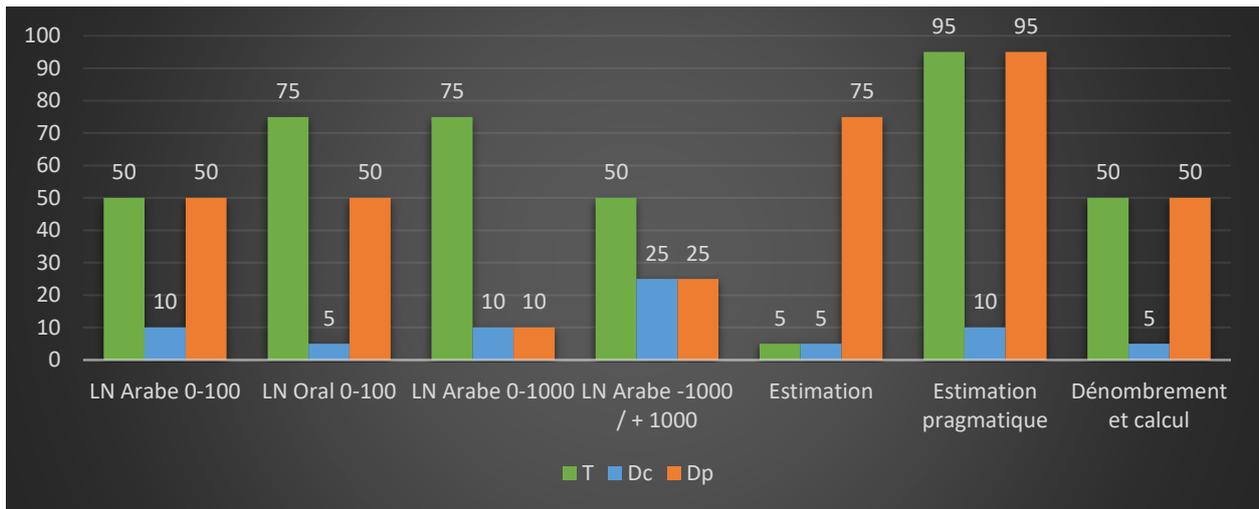


Figure 13 : Résultats aux épreuves d'Examath en percentiles

La figure 13 montre que pour 3 des subtests que l'on a fait passer, le sujet Dp est situé au même percentile que le sujet T : Ligne numérique Arabe 0-100 ; Estimation pragmatique ; Dénombrement et calcul. Il est situé au-dessus des 2 autres sujets pour seulement un subtest : Estimation. Pour les autres subtests de l'épreuve ligne numérique, il est toujours situé dans des percentiles inférieurs à ceux du sujet T. Pour les deux premiers subtests de l'épreuve Ligne numérique, Dp est situé dans des percentiles supérieurs à ceux du sujet Dc, et ces 2 sujets sont aux mêmes percentiles pour les deux autres subtests de cette épreuve. Pour les 3 dernières épreuves, Dp est toujours très au-dessus des percentiles de Dc.

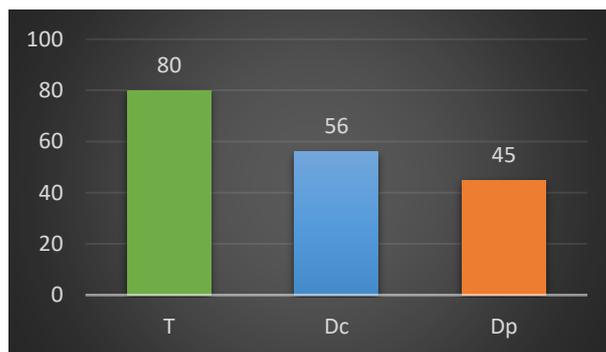


Figure 14 : Résultats du Numeracy Screener en percentiles

Les résultats en percentiles du test Numeracy Screener (Figure 14) situent le sujet T bien au-dessus des deux autres avec un percentile à 80, et le sujet Dp en-dessous des autres avec un percentile à 45.

## DISCUSSION

Les différentes données de la littérature sur les difficultés mathématiques dans un contexte de dyspraxie convergent vers l'implication d'un déficit des représentations spatiales. Ce dernier étant étroitement lié au canal visuel, nous nous demandons l'effet que pourrait avoir un changement de modalité sensorielle sur ces difficultés mathématiques. Nous nous intéressons particulièrement au canal tactile qui semble facilitateur dans le cadre de la dyspraxie visuospatiale. En ce sens, il semblait intéressant de pouvoir comparer les performances mathématiques d'un sujet dyspraxique dans ces deux modalités, en se posant la question suivante : L'utilisation du canal tactile par les enfants avec dyspraxie visuospatiale permettrait-elle d'améliorer leurs performances dans différentes activités numériques de base ?

Notre objectif principal était de comparer, à travers notre étude de cas, les habiletés numériques de base et le dénombrement selon deux modalités (visuelle et tactile) entre trois populations (dyspraxique, dyscalculique et tout-venant). Nous analysons séparément les résultats de chaque épreuve, pour avoir une interprétation la plus pertinente possible.

En ce qui concerne les épreuves d'**estimation**, les pourcentages de réussite de nos trois sujets sont situés entre 80 et 100%, pour les deux modalités. Ces taux montrent que les deux épreuves sont globalement bien réussies par tous les sujets, et qu'aucun d'entre eux ne semble en difficulté face à l'estimation numérique. Nous notons tout de même une performance légèrement supérieure de la part du sujet dyspraxique, dans les deux modalités proposées. Cela signifie qu'il présente, à un moment donné, de meilleures capacités d'estimation. Les épreuves d'estimation étant étroitement liées au sens du nombre, nous pouvons supposer ici que le sens du nombre n'est pas altéré chez notre sujet dyspraxique. Cette hypothèse est soutenue par les travaux de Mazeau et ses collaborateurs, selon lesquels le sens du nombre n'est pas atteint chez les dyspraxiques, et n'est pas à l'origine de leurs difficultés mathématiques (Mouchard Garelli et al., 2016).

En s'intéressant à l'écart de réussite entre les deux modalités de chacun des sujets, nous observons que pour tous, les résultats en modalité visuelle sont supérieurs à ceux de la modalité tactile. Nous pouvons expliquer cela par un phénomène d'habitude par rapport à l'intervention d'un nouveau canal. En effet, les enfants ont l'habitude qu'on leur présente les mathématiques dans un format majoritairement visuel, et le fait d'être privé de ce sens qu'ils ont l'habitude d'exploiter peut les mettre en difficulté. Le sujet dyspraxique présente l'écart le moins important avec seulement 10% de différence entre les deux modalités. Cette donnée signifie qu'il est le moins gêné par le changement de modalité. La modalité visuelle est donc peu facilitatrice pour lui, alors qu'elle semble l'être davantage chez les sujets

dyscalculique et témoin, qui présentent respectivement des écarts de 13 et 16%. L'enfant dyspraxique est donc moins à l'aise que les autres avec le canal visuel, et cela rejoint les études démontrant l'atteinte des processus visuospatiaux chez ces sujets. (Costini et al., 2014).

Les temps moyens de réponses sur l'épreuve visuelle sont proches entre les sujets. Le sujet dyspraxique a néanmoins besoin d'un peu plus de temps par item, mais cela lui permet de ne faire aucune erreur. La différence de temps est plus marquée dans la modalité tactile. Pour toute l'épreuve, les sujets témoin et dyscalculique ont besoin d'une minute, alors qu'il faut presque le double au sujet dyspraxique. Nous pouvons expliquer cela par un temps de réponse plus long mais également par la présence d'un réflexe de crispation ou « grasping » qui retarde la présentation de la carte suivante. Les données de la littérature ne permettent pas d'expliquer la présence de ce réflexe archaïque chez notre sujet dyspraxique. Habituellement, la présence de tels réflexes est rattachée à un retard de développement (Budowski, 2006).

Pour la **ligne numérique**, nous observons plus de disparités dans les scores des différents sujets. En effet, si les sujets témoin et dyspraxique ont des scores de distance moyens relativement proches entre eux et entre les modalités car tous situés entre 3,9 et 6,1, nous pouvons noter un écart considérable avec les scores de distance moyens du sujet dyscalculique. Ce dernier obtient un score de 9,8 en modalité visuelle et de 20,8 en modalité tactile. Ces chiffres signifient que ce sujet présente un déficit dans la représentation qu'il se fait des nombres et de leur magnitude. Ses difficultés mathématiques s'expriment par la gêne de placer les nombres sur une ligne numérique, dans les deux modalités présentées, mais davantage marquée en tactile. Cela rejoint les différentes études (Lafay et al., 2013; Schneider et al., 2018) selon lesquelles le placement des nombres sur une ligne numérique est une tâche qui a une forte corrélation avec les performances mathématiques, et qui peut même être prédictive de la réussite dans ce domaine. Les bons scores de distance du sujet dyspraxique montrent quant à eux qu'il a compris comment les nombres se répartissent sur une ligne numérique. Ces résultats sont en accord avec une étude (Huron, 2017) qui montre que les enfants dyspraxiques maîtrisent le concept de linéarité numérique.

En regardant les écarts entre les deux modalités sur ces épreuves de ligne numérique, nous observons qu'ici aussi, c'est le sujet dyspraxique qui obtient l'écart le moins important avec seulement 0,3. Nous pouvons à nouveau rattacher ces données au trouble visuospatial qui est présent dans ce sous-type de dyspraxie (Chaix & Albaret, 2013). Ce trouble semble rendre l'enfant dyspraxique indifférent au changement de modalité. De ce fait, le canal visuel n'est pas le canal préférentiel comme il peut l'être chez des enfants tout-venant qui ont l'habitude de l'utiliser. Le sujet témoin semble être en effet plus en facilité lors de l'épreuve visuelle. Quant au sujet dyscalculique qui est déjà en difficulté avec

l'épreuve visuelle, le fait d'utiliser une nouvelle modalité dont il n'a pas l'habitude le fait chuter considérablement dans ses scores. La différence est donc très importante entre les deux modalités, avec un écart de 11. Pour lui, l'intervention du sens haptique n'est pas du tout facilitatrice sur cette épreuve, nous observons même l'effet inverse. Nous pouvons rattacher ces difficultés liées à la manipulation aux résultats de différentes études (Noël, 2007; Guedin-Coudray, 2018) qui mettent en évidence une importante corrélation entre les gnosies digitales et les performances mathématiques.

Les temps de réponse de la modalité visuelle des sujets dyscalculique et dyspraxique évoquent la même vitesse de traitement, tandis que le sujet témoin est plus rapide. En revanche, les temps en tactile montrent des différences très marquées. Le sujet dyscalculique est le plus lent, ce qui montre encore une fois qu'il est le moins à l'aise avec cette épreuve. Le témoin met environ une minute et trente secondes pour répondre à tous les items, tandis que le sujet dyspraxique a besoin de trente secondes de moins. Cela confirme le fait qu'il semble être le sujet le plus à l'aise avec la modalité tactile.

Quant aux épreuves de **dénombrement**, de la même manière que pour la ligne numérique, les sujets témoin et dyspraxique obtiennent des scores proches entre eux, entre les modalités, mais aussi proches de 0. La différence est également plus marquée avec le sujet dyscalculique dont les scores sont situés à 10 et 18. Les difficultés de dénombrement sont une des manifestations de la dyscalculie, d'après ses différentes définitions (American Psychiatric Association, 2013; Lafay et al., 2015). Cela permet d'expliquer la faiblesse dans les résultats du sujet dyscalculique. De son côté, le sujet dyspraxique réussit parfaitement l'épreuve de dénombrement visuel en ne commettant aucune erreur. Ces résultats vont à l'encontre des données de la littérature qui mettent en évidence des difficultés de dénombrement chez les enfants présentant une dyspraxie visuospatiale (Mazeau & Le Lostec, 2010). Nous pouvons néanmoins expliquer la réussite de notre sujet par la mise en place de moyens de compensation. En effet, en plus d'avoir pris beaucoup de temps sur cette épreuve, il a utilisé des moyens langagiers pour pallier ses difficultés visuelles. De plus, il nous explique qu'il a eu recours à un comptage couleur par couleur pour éviter de se perdre dans son dénombrement. Ces deux moyens de compensation ont certainement été développés avec la rééducation en ergothérapie.

Il s'agit de la seule épreuve où le sujet dyspraxique n'a pas l'écart le plus faible, qui est obtenu par le sujet témoin. Le sujet dyscalculique a, encore une fois, une différence marquée avec un écart de 8. Ce chiffre signifie que la modalité tactile altère ses performances dans des tâches de dénombrement.

Concernant les temps totaux des épreuves de dénombrement, si ceux de l'épreuve visuelle sont assez homogènes, ce n'est pas le cas des temps de l'épreuve tactile. En effet, nous observons un important temps total de la part du sujet dyspraxique, qui est beaucoup plus lent que les autres sujets. Il lui faut presque trois fois plus de temps que le sujet dyscalculique. Bien que la lenteur puisse faire partie des

manifestations de la dyspraxie (Vaivre-Douret, 2007), dans le cas de notre sujet, il pourrait s'agir du reflet de ses moyens de compensation. Ainsi, il privilégie l'exactitude au détriment de la vitesse d'exécution.

De manière globale, au regard de tous les résultats et de toutes les épreuves, nous pouvons faire plusieurs observations.

Tout d'abord, pour tous les sujets, les résultats sont meilleurs dans la modalité visuelle que dans la modalité tactile. Pour eux, ce changement de modalité sensorielle semble être une contrainte qui diminue leurs performances. Ces résultats peuvent être mis en lien avec une étude récente qui s'est intéressée aux cas de mathématiciens aveugles. Grâce à l'étude des réseaux cérébraux activés, il a été conclu que l'expérience visuelle ne serait pas nécessaire pour le développement d'une représentation cérébrale normale de concepts mathématiques avancés (Amalric et al., 2018). Cette étude s'intéresse à des niveaux avancés chez des mathématiciens, tandis que nous avons observé les habiletés numériques de base chez les enfants. Ces derniers semblent avoir besoin du canal visuel pour mieux appréhender les épreuves que nous leur avons présentées. Nous pouvons expliquer cette nécessité par des habitudes scolaires, et cela soulève la question des supports d'apprentissages formels qui passent quasiment uniquement par le canal visuel, avec une très faible part de manipulations.

En terme de scores, notre sujet témoin obtient les meilleurs résultats pour la plupart des épreuves. Le fait qu'il ne présente aucun trouble d'apprentissages lui permet d'obtenir de meilleures performances, comme nous nous y attendions.

En ce qui concerne le sujet dyscalculique, il obtient des écarts importants entre les deux modalités pour toutes les épreuves, et semble réellement mis en difficulté par l'intervention du canal tactile.

Globalement, le sujet dyspraxique présente les écarts de scores les moins importants entre les deux modalités étudiées. Il y a ainsi peu de différences entre ses performances en visuel et en tactile. Parmi nos trois sujets, il est donc le plus à l'aise avec la modalité tactile.

Ce premier objectif et cette dernière conclusion nous amènent à notre premier objectif secondaire. Il s'agit en effet de déterminer si les perceptions tactiles permettent au sujet dyspraxique de développer de meilleures habiletés numériques de base. En estimation et en dénombrement, il obtient de meilleurs scores avec la modalité visuelle. Pour la ligne numérique, les résultats sont à nuancer car l'écart entre les deux modalités est très faible, la préférence pour le visuel est donc moins flagrante. Finalement, nos résultats ne permettent pas d'affirmer que le canal tactile utilisé seul favorise de meilleures habiletés numériques chez les dyspraxiques. Néanmoins, les faibles écarts entre les modalités semblent confirmer les difficultés de traitement visuel et donc l'intérêt du traitement tactile. De plus, les données de la littérature préconisent l'utilisation du canal tactile dans le cadre d'un entraînement multisensoriel

(Mazeau & Le Lostec, 2010; Barry, 2012). Ce type d'entraînement permettrait de réguler les troubles du geste. Pour cette étude, nous avons utilisé le sens tactile dans des conditions d'évaluation, qui ne se sont pas révélées plus favorables avec cette modalité. En revanche, utiliser ce sens tactile en entraînement ou en rééducation pourrait être efficace chez les enfants dyspraxiques.

Avec notre deuxième objectif secondaire, nous cherchons à déterminer, chez notre sujet dyspraxique, quels items sont les plus sensibles aux changements de modalités, et quelles en sont les causes. Les épreuves d'estimation et de dénombrement sont les deux plus sensibles aux changements de modalité et sont en faveur de la modalité visuelle. En revanche, la ligne numérique chez l'enfant dyspraxique semble être l'habileté numérique la plus favorable à la modalité tactile. Nous pouvons relier ces résultats à une étude sur la relation entre les capacités spatiales des enfants et le développement de la ligne numérique (Gunderson et al., 2012). Ainsi, l'étroit lien entre l'espace et les représentations de la ligne numérique mentale expliquerait le fait qu'utiliser le canal tactile pour cette tâche serait plus facile que pour les autres habiletés numériques, chez les enfants dyspraxiques.

Enfin, notre dernier objectif secondaire consiste à observer comment un enfant dyspraxique répond à des épreuves mathématiques normées sur des populations d'enfants tout-venants et dyscalculiques. Aux différentes épreuves de la batterie informatisée Examath 8- 15 (Lafay & Helloin, 2016), notre sujet dyspraxique se situe globalement au-dessus du sujet dyscalculique et en-dessous du sujet tout-venant. Ces chiffres semblent signifier que ces tests normés sont sensibles auprès de notre sujet dyspraxique, qui montre de moins bonnes performances qu'un sujet témoin, comme nous nous y attendions. L'utilisation de tels tests pourrait donc mettre en évidence des difficultés mathématiques chez les dyspraxiques. De plus, notre sujet obtient de meilleurs scores qu'un sujet dyscalculique, ce qui permettrait de différencier les troubles mathématiques entre ces deux populations. En revanche, les résultats du sujet dyspraxique au test Numeracy Screener (Ansari et al., 2014) sont inférieurs à ceux des deux autres sujets. Ces résultats sont à nuancer par le fait qu'il s'agit d'une épreuve unique, pour laquelle le sujet dyspraxique a obtenu un score brut plus élevé, mais au prix d'un temps de réponse plus important.

Notre recherche comporte malgré tout plusieurs limites. En effet, nous nous sommes intéressés à des cas uniques, ce qui ne permet pas de généraliser nos résultats. Les différences interindividuelles, le fonctionnement propre à chaque sujet, et le fait que nous recueillons des performances à un instant donné forment des biais qui sont à prendre en compte pour nuancer nos résultats. De plus, les épreuves tactiles que nous avons utilisées ont été créées spécifiquement pour cette étude et ne sont donc pas normées sur des populations de référence. Des études à plus grande échelle et en normalisant ces tests

permettraient de valider des résultats plus significatifs. En effet, en l'absence de traitement statistique, les conclusions ne peuvent pas être validées scientifiquement, une analyse fine et chiffrée sur de plus grandes populations pourrait donc être intéressante pour préciser la significativité des résultats entre les sujets. Il est important de rappeler que les résultats sont certainement influencés par les prises en charge et les rééducations dont ont bénéficié les sujets dyscalculique et dyspraxique, respectivement en orthophonie et en ergothérapie. Sur des études à plus grandes échelles, il serait essentiel de considérer ce biais. Par ailleurs, nous nous sommes intéressés à l'apport du canal tactile dans des conditions d'évaluation. Il serait intéressant de se questionner sur cette modalité tactile dans des conditions de rééducation. Il semble en effet, d'après une étude, que les performances perceptivo-tactiles puissent être prédictives des performances arithmétiques (Marinthe et al., 1999). Si le canal tactile ne semble pas facilitateur dans le cas de nos sujets, peut-être que le fait de l'entraîner permettrait d'améliorer les habiletés numériques. Initialement, notre étude devait contenir une épreuve supplémentaire, le subitizing, qui semble essentielle lorsque l'on s'intéresse aux habiletés numériques de base. Néanmoins, les circonstances de crise sanitaire de mars 2020 ne nous ont pas permis de réaliser ces dernières passations, qui n'étaient pas envisageables à distance à cause du matériel tactile. Cela nous questionne sur les limites de la téléorthophonie et relève un biais de cette pratique : ce qui passe par le canal tactile ne peut pas être testé en distanciel.

Malgré ces limites, ce travail a permis de traiter une modalité qui n'est pas souvent prise en compte, et qui pourrait être une aide pour les enfants dyspraxiques. Le but de cette étude de cas était de s'intéresser à cette modalité tactile dans le cadre des habiletés mathématiques. Les épreuves tactiles créées spécifiquement pour cette recherche ont pu être appariées à leurs épreuves visuelles correspondantes, et elles évaluent ainsi les mêmes habiletés. Ces nouvelles épreuves pourraient être réutilisées pour développer davantage les aspects positifs du canal tactile. Cette étude de cas pourrait donc être une ouverture à des recherches futures, avec des populations plus importantes.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette recherche s'est appuyée sur la problématique suivante : l'utilisation du canal tactile par les enfants avec dyspraxie visuospatiale permettrait-elle d'améliorer leurs performances dans différentes activités numériques de base ? Pour essayer de répondre au mieux à cette question, nous avons fait passer des épreuves spécifiques à trois sujets : un enfant tout-venant, un enfant dyscalculique, et un enfant dyspraxique. Les épreuves choisies ont permis d'évaluer des habiletés numériques de base avec l'estimation et la ligne numérique, ainsi que le dénombrement. Chacune de ces épreuves était présentée d'une part en modalité visuelle, et d'autre part en modalité tactile. De cette manière, nous avons pu comparer les performances de chaque sujet entre les deux modalités, mais également les résultats des trois sujets entre eux.

Nos résultats ont mis en évidence que le sujet dyspraxique était le plus à l'aise des trois avec la modalité tactile, mais que cette dernière ne lui permettait pas d'obtenir de meilleurs scores sur les épreuves que l'on a évaluées. Globalement, tous les sujets obtiennent des scores supérieurs avec la modalité visuelle, dont ils ont l'habitude. La modalité tactile fait intervenir un nouveau canal peu utilisé dans le cadre des mathématiques, et les scores se révèlent donc moins bons. Cette difficulté est encore plus marquée chez le sujet dyscalculique, dont les écarts entre les deux modalités sont les plus importants. A travers nos objectifs secondaires, nous n'avons pas pu mettre en évidence que le canal tactile seul permettait au sujet dyspraxique d'avoir de meilleures performances sur les habiletés numériques étudiées. Néanmoins le faible écart entre les deux modalités illustre un déficit de la modalité visuelle ainsi qu'un usage et des performances normales du canal tactile. La ligne numérique pourrait être l'habileté la plus sensible au sens tactile. En effet, si l'estimation et le dénombrement sont des épreuves mieux réussies en visuel, les scores pour la ligne numérique sont presque similaires dans les deux modalités, dans le cas du sujet dyspraxique.

Par ailleurs, il semblerait intéressant d'investiguer une troisième modalité qui serait bimodale : utiliser simultanément le canal visuel et le canal tactile pourrait permettre aux enfants dyspraxiques d'améliorer leurs performances sur certaines habiletés numériques. Finalement, ce travail apporte des ouvertures sur des recherches futures pour trouver comment aider les enfants présentant une dyspraxie visuospatiale à appréhender au mieux les mathématiques.

De plus, le matériel tactile utilisé pour cette recherche, même s'il a été créé dans un objectif d'évaluation, pourrait être envisagé comme un outil de rééducation orthophonique. Afin d'offrir des moyens de compensation multimodale dans les rééducations des troubles mathématiques, le recours à ce matériel tactile pourrait être envisagé pour les orthophonistes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Albaret, J.-M. (2006). Troubles psychomoteurs chez l'enfant. *EMC - Pédiatrie - Maladies infectieuses*, 1(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/S1637-5017\(06\)74523-9](https://doi.org/10.1016/S1637-5017(06)74523-9)
- Albaret, J.-M. (2007). *Clinique des troubles du mouvement intentionnels* : 15.
- Amalric, M., Denghien, I., & Dehaene, S. (2018). On the role of visual experience in mathematical development : Evidence from blind mathematicians. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 314-323. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.09.007>
- American Psychiatric Association. (2013). *DSM-5 Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*.
- Ansari, D., Nosworthy, N., Baobaid, W., & Mousa, A. (2014). *Numeracy Screener*  
<http://www.numeracyscreener.org/>.
- Barray, V. (2012). Dyspraxie/trouble de l'acquisition de la coordination et écriture manuelle, partie 1 : Présentation d'une méthode d'apprentissage. *Développements*, 11(2), 37.  
<https://doi.org/10.3917/devel.011.0037>
- Bideaud, J., Lehalle, H., & Vilette, B. (2004). *La conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant* (Première édition). Presses Universitaires du Septentrion.
- Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'Orthophonie*. Ortho Edition.
- Budowski, M. (2006). Le développement psychomoteur du nourrisson : Quand penser à une anomalie ? *La revue du praticien - Médecine générale*, 20(744/745).
- Camos, V. (1999). Le dénombrement : Une activité complexe à deux composantes. In *Rééducation Orthophonique Les activités logico-mathématiques* (p. 21-31).
- Camos, V. (2011). La cognition numérique chez l'animal et le bébé.pdf. In M. Habib, M.-P. Noël, F. George-Poracchia, & V. Brun, *Calculs et dyscalculies : Des modèles à la rééducation* (p. 17-28). Elsevier Masson.

- Camos, V., Fayol, M., Lacert, P., Bardi, A., & Laquière, C. (1998). *Le dénombrement chez des enfants dysphasiques et des enfants dyspraxiques*.
- Chaix, Y., & Albaret, J.-M. (2013). Trouble de l'Acquisition de la Coordination et déficits visuo-spatiaux. *Développements*, 15(2), 32. <https://doi.org/10.3917/devel.015.0032>
- Clements, D. H. (1999). *Subitizing : What Is It ? Why Teach It?* 9.
- Costini, O., Remigereau, C., Roy, A., & Faure, S. (2014). *Troubles visuo-spatiaux dans la dyspraxie : Peut-on encore parler de dyspraxie ?* 10.
- Costini, O., Roy, A., Faure, S., & Le Gall, D. (2013). La dyspraxie développementale : Actualités et enjeux. *Revue de neuropsychologie*, 5(3), 200. <https://doi.org/10.3917/rne.053.0200>
- Crollen, V., & Collignon, O. (2016). Cognition numérique : Que peuvent nous apprendre les personnes non-voyantes ? *médecine/sciences*, 32(12), 1097-1102. <https://doi.org/10.1051/medsci/20163212013>
- Crollen, V., & Noël, M.-P. (2015). Spatial and numerical processing in children with high and low visuospatial abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 84-98.
- Crouail, A. (2008). *Rééduquer dyscalculie et dyspraxie—Méthode pratique pour l'enseignement des mathématiques*. Elsevier Masson.
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths* (Nouvelle édition). Odile Jacob.
- Desoete, A., & Grégoire, J. (2006). Numerical competence in young children and in children with mathematics learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 16(4), 351-367. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2006.12.006>
- Di Lonardo, S. M., Huebner, M. G., Newman, K., & LeFevre, J.-A. (2019). *Fixated in unfamiliar territory : Mapping estimates across typical and atypical number lines*.
- Fayol, M. (1991). *Le Nombre, sa Genèse et son Utilisation par l'Enfant et l'Adulte (\*)*. 6.
- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre*. Puf.

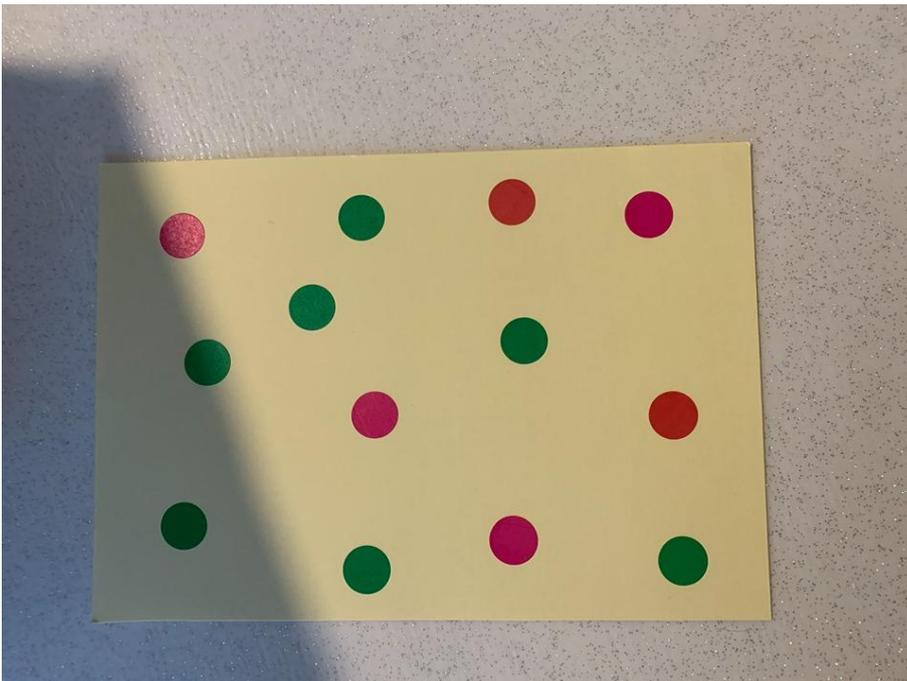
- Fayol, M., Perros, H., & Seron, X. (2004). *Les représentations numériques : Caractéristiques, troubles, développement*.
- Fischer, J.-P. (1991). Le subitizing et la discontinuité après 3. In J. Bideaud, C. Meljac, & J.-P. Fischer, *Les chemins du nombre* (p. 235-258). Presses Universitaires de Lille.
- Garel, J.-P., & Duquesne, F. (2004). *Enseigner à des élèves présentant une dyspraxie visuo-spatiale Illustrations en mathématiques et en EPS*. 11.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1986). *The Child's Understanding of Number*. Harvard University Press.
- Gimbert, F., Gentaz, É., & Mazens, K. (2013). *Évaluation d'entraînements multisensoriels de préparation aux apprentissages numériques chez les enfants scolarisés en grande section de maternelle*. 9.
- Guedin-Coudray, N. (2018). *Le rôle de la dextérité fine et de la gnosie digitale dans le développement des compétences numériques*. <https://doi.org/10.13097/ARCHIVE-OUVERTE/UNIGE:113585>
- Gunderson, E., Ramirez, G., Beilock, S., & Levine, S. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge : The role of the linear number line. *Dev Psychol.*, 48. <https://doi.org/10.1037/a0027433>
- Habib, M. (2014). *La constellation des dys*. De Boeck-Solal.
- Huron, C. (2017). Dyspraxie et mathématiques. *ANAE*, 151(000-000).
- Izard, V., Pica, P., Spelke, E., & Dehaene, S. (2008). Comment les nombres se répartissent dans l'espace : Une intuition originelle logarithmique. *médecine/sciences*, 24(12), 1014-1016. <https://doi.org/10.1051/medsci/200824121014>
- Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. (1949). The Discrimination of Visual Number. *University of Illinois Press*, 62(4), 498-525. <https://doi.org/10.2307/1418556>

- Krajcsi, A., Szabo, E., & Morocz, I. A. (2013). Subitizing is sensitive to the arrangement of objects. *Experimental Psychology, 60*, 227-234.
- Lafay, A., Archambault, S., Vigneron, M., & Nosworthy, N. (2018). *Version française du test Numeracy Screener (NS-f), un outil de dépistage des difficultés de traitement du nombre et des quantités*. 87.
- Lafay, A., & Helloin, M.-C. (2016). *BATTERIE INFORMATISÉE D'EXAMEN DES HABILITÉS MATHÉMATIQUES*. 161.
- Lafay, A., Macoir, J., & St-Pierre, M.-C. (2018). Impairment of Arabic- and spoken-number processing in children with mathematical learning disability. *Journal of Numerical Cognition, 3*(3), 620-641. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i3.123>
- Lafay, A., Saint-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2013). *Développement des systèmes numériques non symboliques et prédicteurs de réussite mathématique*. 18.
- Lafay, A., Saint-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2014). *L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant : Inventaire critique des outils disponibles*. 27.
- Lafay, A., Saint-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2015). Revue narrative de littérature relative aux troubles cognitifs numériques défendus dans la dyscalculie développementale : Déficit du sens du nombre ou déficit de l'accès aux représentations numériques mentales? *Canadian Psychology, 56*, 96-107.
- Marinthe, C., Fayol, M., & Barrouillet, P. (1999). Relations entre des performances à des épreuves perceptivo-tactiles et des épreuves arithmétiques chez des jeunes enfants. In *Rééducation Orthophonique Les activités logico-mathématiques* (p. 69-79).
- Mazeau, M., & Le Lostec, C. (2010). *L'enfant dyspraxique et les apprentissages—Coordonner les actions thérapeutiques et scolaires*. Elsevier Masson.
- Mouchard Garelli, C., Mazeau, M., Pouhet, A., & Le Lostec, C. (2016). *Enfants dyspraxiques concrètement, que faire ?* Tom Pousse.

- Noël, M.-P. (2007). *La dyscalculie de l'enfant : Une difficulté dans le calcul et le traitement du nombre.*
- Organisation Mondiale de la Santé. (2016). *CIM-10 Classification internationale des maladies.*
- Piazza, M. (2011). *Neurocognitive Start-Up Tools for Symbolic Number Representations.*
- Rey-Roussel, D. (2018). Dyspraxie visuo-spatiale développementale. *Revue Francophone d'Orthoptie, 11(3)*, 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2018.09.013>
- Rigal, R. (2002). Motricité humaine : Fondements et applications pédagogiques. *Presses de l'Université du Québec, 1*, 213.
- Schneider, M., Merz, S., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2018). Associations of Number Line Estimation With Mathematical Competence : A Meta-analysis. *Child Development, 89(5)*. <https://doi.org/10.1111/cdev.13068>
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). *Development of Numerical Estimation in Young Children.*
- Thevenot, C., & Masson, S. (2013). *Améliorer les compétences numériques. 8.*
- Vaivre-Douret, L. (2007). Troubles d'apprentissage non verbal : Les dyspraxies développementales. *Archives de Pédiatrie, 14(11)*, 1341-1349. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2007.06.034>
- Vaivre-Douret, L., Lalanne, C., Cabrol, D., Ingster-Moati, I., Falissard, B., & Golse, B. (2011). Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 59*, 443-453.
- Van Hout, A. (2005). *Troubles du calcul et dyscalculies de l'enfant.*
- Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., & Noël, M.-P. (2001). *TEDI-MATH - Test diagnostique des compétences de base en mathématiques.* ECPA.
- Venneri, A., Cornoldi, C., & Garuti, M. (2010). *Arithmetic Difficulties in Children With Visuospatial Learning Disability (VLD).*

- Vilette, B. (1994). Des processus de quantification à la cardinalité. *L'année Psychologique*, 94(1), 25-43. <https://doi.org/10.3406/psy.1994.28732>
- Vilette, Bruno, Fischer, J.-P., Sander, E., Sensevy, G., Quilio, S., & Richard, J.-F. (2017). Peut-on améliorer l'enseignement et l'apprentissage de l'arithmétique au CP ? *Revue française de pédagogie*, 201, 105-120.
- Vitali, R. (2017). *Exploration visuo-haptique et apprentissage des solides géométriques en maternelle*. 38.
- Von Aster, M. (2005). *ZAREKI-R : Batterie pour l'Evaluation des Nombres et du Calcul—Enfants de 6 à 11 ans (CP au CM2)*. Ecpa.
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). *Number development and developmental dyscalculia*.

# ANNEXES



*Annexe 1 : Dénombrement - épreuve visuelle*



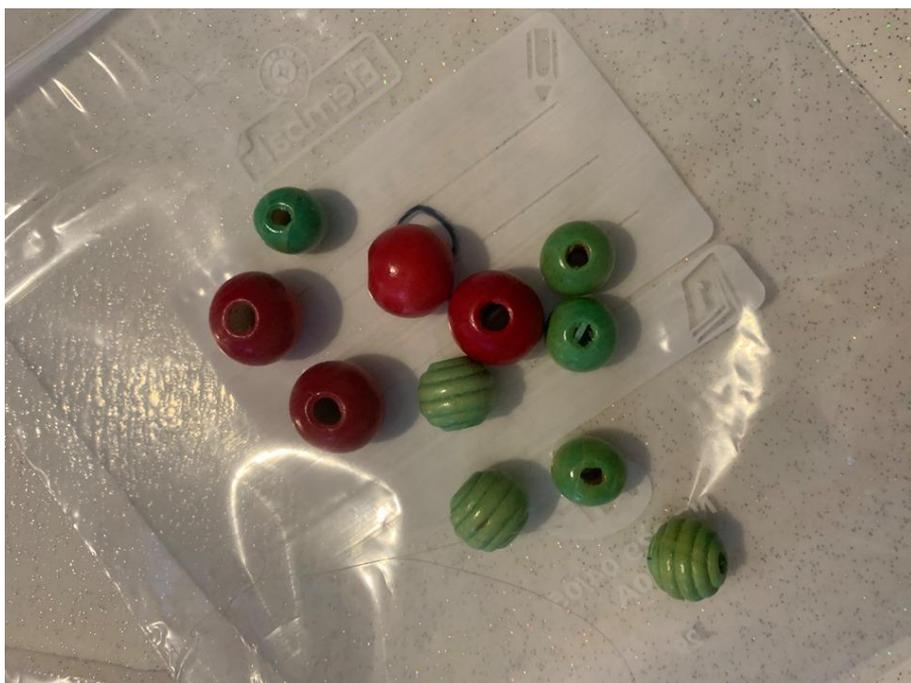
*Annexe 2 : Estimation - épreuve tactile*



*Annexe 3 : Ligne numérique - épreuve tactile*

Pour construire cette ligne numérique tactile, nous utilisons une planche en bois de dimensions 52 cm x 22 cm x 2 cm, que nous mettons dans le sens de la longueur. A chacune des extrémités (à 1 cm de chaque bord), nous fixons un crochet-vis en fil d'acier galvanisé de 3 mm d'épaisseur, avec un anneau de 10 mm de diamètre. Ces anneaux permettent de faire passer une corde de 4 mm de diamètre, sur laquelle nous enfilons un écrou zingué M10 qui nous servira de curseur. Pour créer des repères aux limites de la ligne, nous faisons un creux au-dessus de chacun des crochets et au milieu exact de la ligne. Ainsi, nous créons 3 repères : 0, 50 et 100. Pour finir, nous nouons la corde derrière chaque crochet, après l'avoir bien tendue. Nous graduons la planche au marqueur grâce à un segment de 50 cm que l'on trace juste sous la corde, ce segment est gradué par un trait fin tous les 5 mm (représentant 1 unité) et par un trait épais tous les 5 cm (représentant 1 dizaine).

*Annexe 4 : Construction de la ligne numérique tactile*



*Annexe 5 : Dénombrement - épreuve tactile*

Passation n°

Date de passation

Ordre de passation

---

Nom / Prénom

Date de naissance

Age

Classe

---

**ANAMNESE ET OBSERVATIONS**

---

---

## EPREUVE VISUELLE

---

➤ **DENOMBREMENT**

	Carte présentée	Réponse	Ecart
1	18		
2	14		
3	20		
4	17		
5	10		
6	8		
7	6		
8	4		
9	11		
10	13		

Temps total :

Score de distance :

---

## NOTES

---

## EPREUVES TACTILES

➤ **ESTIMATION – DOIGTS**

	Carte droite	Carte gauche	Résultat
1	9	6	
2	1	5	
3	7	3	
4	7	9	
5	10	4	
6	4	9	
7	3	2	
8	4	10	
9	1	5	
10	2	1	

Score total :        /10

Temps total :

## EPREUVES TACTILES

### ➤ LIGNE NUMERIQUE

	Item	Réponse	Score de distance
1	81		
2	43		
3	55		
4	64		
5	79		
6	27		
7	36		
8	8		
9	12		
10	90		

Temps total :

Score de distance total :

Score de distance moyen :

### ➤ DENOMBREMENT

	Nombre de perles	Réponse	Ecart
1	18		
2	14		
3	20		
4	17		
5	10		
6	8		
7	6		
8	4		
9	11		
10	13		

Score total : /10

Temps total :

Score de distance :

Chatelon Valentine

## **Apport de la modalité tactile sur les habiletés numériques de base et le dénombrement dans le cadre de la dyspraxie visuospatiale : étude de cas**

### Résumé

Différentes études mettent en évidence la présence de troubles mathématiques dans la dyspraxie visuospatiale. Ces difficultés numériques sont liées à un déficit dans les représentations spatiales, qui passent par le canal visuel.

L'objectif principal de notre étude était de comparer les habiletés numériques de base et le dénombrement selon deux modalités (visuelle et tactile) entre trois populations (dyspraxique, dyscalculique, tout-venant). Nos objectifs secondaires étaient de déterminer si le sens tactile permettait au sujet dyspraxique d'obtenir de meilleures performances mathématiques, de déterminer quels items étaient les plus sensibles aux changements de modalité, et enfin de vérifier si ses réponses à des épreuves mathématiques normées étaient adaptées.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons évalué trois enfants avec trois épreuves – estimation, ligne numérique, dénombrement – chacune passée dans les deux modalités. Certaines de ces épreuves proviennent de tests normés, d'autres ont été créées pour leur correspondre, d'après les définitions de chaque habileté numérique.

Nos résultats ont mis en évidence que pour tous les sujets, le visuel reste la modalité préférentielle dans ces trois habiletés numériques. Le sujet dyspraxique est le plus à l'aise avec la modalité tactile, tandis que le sujet dyscalculique est celui qui a le plus de difficultés avec celle-ci. De plus, le sujet dyspraxique montre des performances tactiles meilleures sur la ligne numérique que sur les autres habiletés.

Enfin, ce travail a permis d'étudier une modalité peu utilisée qui pourrait être une aide pour les enfants dyspraxiques, et qui pourrait être une nouvelle piste à exploiter dans les rééducations orthophoniques.

Mots-clés : Dyspraxie, Mathématiques, Evaluation, Etude de cas, Enfant

## **Contribution of the tactile modality on basic digital skills and counting in the context of visuospatial dyspraxia : case study**

### Abstract

Various studies highlight the presence of mathematical disorders in visuospatial dyspraxia. These digital difficulties are related to a spatial representation deficit, which goes through the visual channel.

The main aim of our study was to compare basic digital skills and counting by two modalities (visual and tactile) among three groups (dyspraxic, dyscalculic, all-comers). Our secondary aims were to determine if the tactile sense enables the dyspraxic subject to acquire better mathematical performance, to determine which items were most sensitive to modality changes, and finally to verify the child's responses to standardized mathematical tests.

To answer these questions, three children were assessed with three tests - estimation, number line, counting - each passed in the two modalities. Some tests come from standardized tests, others were created to match them, according to the definitions of each digital skill.

Our results showed that all children's preferential modality is the visual one, in these three digital skills. The dyspraxic child is the most comfortable with the tactile modality, while the dyscalculic child is the one who has the most difficulties with it. Moreover, the dyspraxic child shows better tactile performance on the number line than on other skills.

Finally, this work allowed to study a rarely used modality, which could be an aid for dyspraxic children, and which could be a new research track to be exploited in speech therapy.

Keywords : Dyspraxia, Mathematics, Evaluation, Case study, Child