

Étude comparative des capacités de rotation mentale chez des enfants d'âge scolaire porteurs d'une déficience intellectuelle et chez des enfants tout-venant

Auteur : Berthiau-Jezequel, Ariane

Promoteur(s) : Comblain, Annick

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en logopédie, à finalité spécialisée en communication et handicap

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/15262>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Étude comparative des capacités de rotation
mentale chez des enfants d'âge scolaire porteurs
d'une déficience intellectuelle et chez des enfants
tout-venant

Mémoire présenté par

Ariane BERTHIAU--JÉZÉQUEL

En vue de l'obtention du grade de Master en logopédie

Promotrice : Madame Annick COMBLAIN

Lecteurs : Messieurs Rudy GAVAGE et Jacques SOUGNÉ

Année académique 2021-2022

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et qui m'ont apporté leur aide tout au long de mes années universitaires.

Je voudrais, dans un premier temps, remercier Madame Comblain pour son accompagnement et ses précieux conseils tout au long de ce travail, de la réflexion jusqu'à la rédaction.

Je tiens à remercier également mes lecteurs, Monsieur Gavage et Monsieur Sougné. Merci pour l'intérêt que vous portez à ce travail et pour le temps que vous y consacrerez.

Je remercie également mes anciennes maîtres de stage pour leur aide dans le recrutement des participants et pour leurs précieux conseils tout au long de l'année.

Je remercie chaleureusement Madame Rogister pour sa bienveillance et son professionnalisme.

Je tiens à remercier ma famille pour sa présence quotidienne. Une pensée particulière pour mes parents qui m'ont toujours soutenue et encouragée et surtout merci de m'avoir donné l'opportunité de réaliser mes études à l'étranger. Un grand merci également à mon frère et ma sœur, à Etienne et à Pauline, merci pour votre précieux soutien. Merci pour tous ces jolis moments de vie.

Merci également à mes ami(e)s d'avoir toujours été présents, parfois malgré la distance, et d'avoir contribué à rendre ces années universitaires inoubliables.

Enfin, merci à Melchade. Pour son soutien infailible et son amour.

PRINCIPALES ABBREVIATIONS

2D	Deux dimensions
2D Abstrait	Sous-épreuve en deux dimensions avec des items représentant une forme abstraite
2D Objet	Sous-épreuve en deux dimensions avec des items représentant un objet
3D	Trois dimensions
3D Abstrait	Épreuve en trois dimensions avec des items représentant une forme abstraite
3D Objet	Épreuve en trois dimensions avec des items représentant un objet
DI	Déficiences intellectuelles
EDI	Enfants porteurs d'une déficience intellectuelle
EDT	Enfants ayant un développement typique
Mdn	Médiane
QI	Quotient Intellectuel
RM	Rotation mentale
SD	Syndrome de Down
SW	Syndrome de Williams

SOMMAIRE

PRINCIPALES ABBREVIATIONS	I
SOMMAIRE	II
INTRODUCTION GENERALE.....	1
INTRODUCTION THEORIQUE	2
1 Notion de rotation mentale	2
2 Le processus de rotation mentale.....	7
3 Le cas particulier des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle.....	10
OBJECTIFS ET HYPOTHESES	21
METHODOLOGIE	23
1 Participants	23
2 Type de données	25
3 Matériels et procédures d'évaluation.....	25
4 Analyses statistiques	28
RESULTATS	30
1 Analyse quantitative	30
2 Analyse qualitative	40
DISCUSSION	47
1 Synthèse des résultats et discussion	47
2 Limites	51
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	53
BIBLIOGRAPHIE	55
ANNEXES	67
TABLE DES MATIÈRES.....	84
TABLE DES FIGURES	87
TABLE DES TABLEAUX	89

INTRODUCTION GENERALE

Nous sommes, dans notre quotidien, sans cesse confrontés à la notion d'espace, qu'il s'agisse de l'espace dans lequel nous nous déplaçons et vivons, celui que nous percevons ou bien de celui que nous visualisons mentalement. Ces manières d'appréhender l'espace nécessitent d'avoir une bonne représentation de ce dernier. La rotation mentale joue à cette fin un rôle essentiel.

Certaines études ont montré que cette capacité n'était pas toujours présente de manière optimale chez des individus présentant une déficience intellectuelle. Le processus de rotation mentale apparaît en début de scolarité primaire. Nous nous sommes donc interrogés sur le type de difficultés que rencontrent les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle de cet âge en comparant les capacités de rotation mentale de ces derniers et celles d'enfants en développement typique. Nous tenterons de répondre à ces interrogations par notre travail de recherche.

Ce travail se structure en six parties. Nous nous intéresserons dans un premier temps au terme de rotation mentale. Nous préciserons tout d'abord ce qu'il signifie et implique. Puis, nous décrirons les différents paramètres requis dans une tâche de rotation mentale. Enfin, nous nous intéresserons particulièrement à la déficience intellectuelle et à son incidence sur la rotation mentale.

Les données issues de la littérature nous mèneront, dans un deuxième temps, à la formulation d'une question de recherche : dans quelle mesure les capacités de rotation mentale chez les enfants présentant une déficience intellectuelle sont différentes de celles d'un enfant tout-venant ? Nous poserons les hypothèses qui en découlent.

Dans un troisième temps, nous exposerons la méthodologie de notre étude, avant, dans un quatrième temps, d'exposer, de commenter et de discuter ses résultats, tout en présentant les limites de notre recherche.

Dans un dernier temps, nous proposerons des perspectives afin d'orienter les recherches futures.

INTRODUCTION THEORIQUE

La question de la rotation mentale est au cœur de ce travail. Elle est le résultat d'un processus cognitif complexe, illustré et documenté par la littérature scientifique. Une tâche de rotation mentale comprend un déroulement particulier pour lequel plusieurs paramètres liés au sujet et à l'objet interviennent. Si les études scientifiques sont nombreuses sur ce sujet, elles n'abordent toutefois que de manière limitée les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle, ce qui justifie l'intérêt porté à cette question dans notre mémoire.

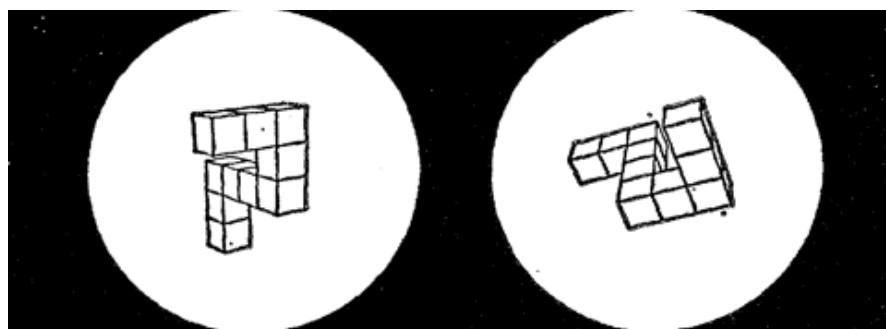
1 Notion de rotation mentale

Processus indispensable à la représentation spatiale (1.1), la rotation mentale requiert l'implication de plusieurs fonctions cognitives (1.2), notamment l'attention, les fonctions exécutives et la mémoire à long terme (Zabalia, 1996) et active des aires cérébrales particulières (1.3).

1.1 Définition

La rotation mentale (RM) décrit la capacité d'un individu à imaginer les mouvements des objets et des formes spatiales afin de faire correspondre les objets à toute situation (Newcombe, 2012). Ce point ressort de la définition donnée par Hoyek et al. (2010) : la rotation mentale est un processus mental visant à faire tourner l'image d'un objet dans un plan en 2 ou 3 dimensions. La figure présentée ci-dessous l'illustre.

Figure 1. Exemple de rotation mentale (Shepard et al. 1971)



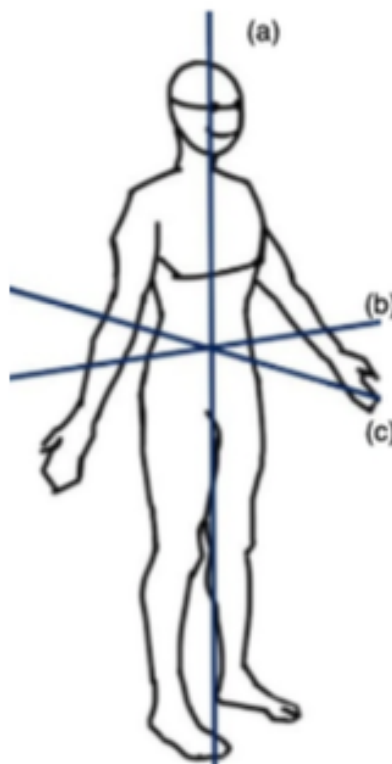
1.2 Les fonctions cognitives impliquées

Parmi les fonctions cognitives impliquées dans le processus de rotation mentale, la représentation spatiale, l'attention, les fonctions exécutives ainsi que les capacités mnésiques jouent un rôle déterminant.

1.2.1 *La représentation spatiale*

La rotation mentale est un processus nécessaire à la bonne compréhension et à l'utilisation de l'espace qui nous entoure. L'espace que nous percevons et dans lequel nous vivons n'est pas uniforme, son organisation est tri-dimensionnelle. Ainsi, la position de n'importe quel objet dans l'espace est définie selon les trois directions fondamentales : verticale, frontale et latérale (Vandeloise, 1986, cité par Asic, 2005).

Figure 2 : L'organisation de l'espace selon les trois axes



La direction frontale (axe c figure 1) est représentée par le devant et le derrière de l'objet. L'axe vertical (axe a figure 1) est parallèle à la hauteur du corps humain debout, et à la direction d'un objet en chute. Elle est décrite par les prépositions sur, sous, au-dessus, au-dessous. Enfin, la direction latérale (axe b figure 1) est perpendiculaire aux deux précédentes. Elle peut être illustrée par les termes « gauche » et « droite ». Selon Courbois (2005), la résolution d'un problème nécessitant la rotation mentale passe nécessairement par la définition d'un système de référence propre à l'objet (haut, bas) dont il faut penser la transformation.

1.2.2 L'attention

L'attention est divisée en quatre aptitudes : l'alerte, l'attention soutenue, l'attention sélective et l'attention divisée. Les fonctions attentionnelles sont modélisées selon deux axes : l'intensité et la sélectivité. Les aptitudes décrites précédemment sont présentes dès l'âge de 6 ans et se développent jusqu'à l'adolescence (Manly et al., 2001). L'attention est présente chez les nouveau-nés et se caractérise par une forme de réflexe. (Lussier et al., 2017).

1.2.3 Les fonctions exécutives

Selon Roy et al. (2012,2020), les fonctions exécutives se réfèrent aux processus de contrôle qui « permettent d'adapter, d'orienter ou d'organiser le comportement et les actions en fonction d'un objectif précis ». Elles sont utilisées lorsque les routines d'actions (automatismes) ne suffisent pas dans des situations méconnues ou inédites.

Diamond (2013) établit un modèle taxonomique des fonctions exécutives qui comprend trois fonctions de base (inhibition, flexibilité et mémoire de travail) et trois fonctions de haut niveau.

L'inhibition peut être définie comme un mécanisme qui permet de résister à toute stimulation extérieure non pertinente par rapport à la tâche actuelle (Meulemans et al., 2004). Selon Hasher et al. (1999), l'inhibition comporte 3 mécanismes fondamentaux : le filtrage, la suppression et le blocage.

La flexibilité est la capacité d'alterner entre des stimuli en déplaçant son attention (Meulemans et al., 2004). Selon, Eslinger et Grattan (1993), cette définition correspond à la

flexibilité réactive mais il existe une autre forme appelée flexibilité spontanée qui évoque la capacité à produire un flux de réponses en lien avec une question simple.

La mémoire de travail quant à elle maintient les informations pendant une courte durée pour une utilisation imminente. C'est un mécanisme qui enregistre, stocke et manipule des informations pendant un court laps de temps.

La planification fait également partie des fonctions exécutives, c'est la capacité d'élaboration d'un plan comprenant des sous-étapes lors de la réalisation d'une tâche et notamment dans la résolution d'un problème.

1.2.4 La mémoire à long terme

La mémoire est une fonction cognitive qui saisit, stocke et rappelle des informations perçues. Ce n'est pas une fonction cognitive unitaire mais c'est un ensemble de mécanismes indépendants qui interagissent entre eux (Degeilh et al., 2015). La première distinction au sein de la mémoire a été faite entre la mémoire à court terme, désormais appelée mémoire de travail (citée précédemment dans la partie sur les fonctions exécutives) et la mémoire à long terme.

La mémoire à long terme comprend 3 sous-systèmes de rétention (Lussier et al., 2017) : la mémoire procédurale (c'est le stockage des règles de fonctionnement qui régissent le savoir-faire), la mémoire épisodique (c'est la mémoire des événements vécus) et la mémoire sémantique (ce sont toutes les connaissances que nous possédons sur le monde) (Degeilh et al., 2015).

Les différentes mémoires ne se développent pas au même rythme et ne sont pas liées aux mêmes structures cérébrales. (Degeilh et al., 2015). Le nouveau-né présente déjà des signes de processus mnésique. En effet, un nourrisson peut montrer du désintérêt pour un stimuli qu'on lui présente plusieurs fois car il garde en mémoire l'image de ce dernier (Rovee-Collier & Gerhadrstein, 1997).

En ce que la rotation mentale concerne les propriétés spatiales d'un objet, elle fait appel aux aires cérébrales impliquées dans les informations spatiales (Courbois, 2005), à la différence de la reconnaissance d'un objet, laquelle mobilise des aires cérébrales distinctes.

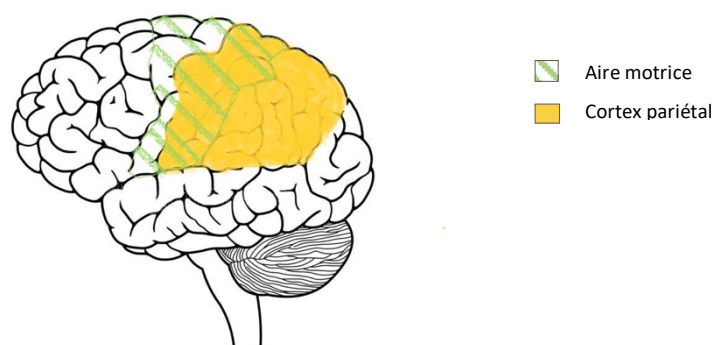
1.3 Les aires cérébrales

Les aires corticales sous-tendant l'imagerie mentale sont les mêmes que celles sous-tendant la perception. Cependant, les zones régissant l'activation de la rotation mentale sont moins évidentes car ce mécanisme implique une transformation du stimulus imaginé et pas uniquement la génération et le maintien d'une représentation. (Seurinck, 2007).

Les auteurs s'accordent à dire que la région du cortex pariétal est active lors d'une tâche de rotation mentale (Cohen et al, 1996 ; Kucian, 2007 ; Zacks, 2008 ; Hoyek, 2010). Cependant, la latéralité de l'activation du cortex pariétal reste floue et certains auteurs sont en désaccord s'agissant des enfants. C'est le cas de Kucian et al (2007) et Heil et al. (2007) : Kucian et al. estiment qu'il y a une activation de l'aire pariétale droite chez les enfants. Heil et al. estiment que ce sont les aires pariétales gauches qui sont actives chez les enfants. Mais ils se rejoignent sur la bilatéralité chez les adultes.

D'autres résultats sont contradictoires comme l'implication des aires motrices qui reste controversée. Dans certaines études, on ne retrouve pas d'activation du cortex moteur lors de la réalisation d'une tâche de rotation mentale (Barnes et al., 2000 ; Jordan et al., 2000). Richter et al. (2000) ont observé une activation bilatérale des aires motrices. Pour Cohen et al. (1996), les aires motrices ne sont actives que chez la moitié des personnes et ils expliquent cela par le fait que les stratégies utilisées ne sont pas toujours identiques d'une personne à l'autre. Ces stratégies seront expliquées plus en détails ultérieurement. Une des stratégies requerrait la motricité tandis que la seconde nécessitait plus une analyse visuelle. Ce résultat a été confirmé par Kosslyn et al. en 2001. L'activation du cortex moteur et prémoteur serait expliquée par les différents processus cognitifs entourant la rotation mentale à savoir la planification et l'exécution de la réponse tandis que l'aire motrice supplémentaire correspondrait à la transformation spatiale du stimulus.

Figure 3. Aires cérébrales impliquées dans la rotation mentale



2 Le processus de rotation mentale

Le processus de rotation mentale s'exécute en plusieurs étapes (2.1). Il se développe en fonction de divers paramètres liés au sujet (2.2) ou à l'objet (2.3)

2.1 Déroulement d'une tâche de rotation mentale

Selon Hoyek et al. (2010), on peut scinder le processus de rotation mentale en quatre phases :

- L'apparition du stimulus : l'item cible est visible par l'individu,
- L'encodage de ses données (les contours et l'orientation) : les informations perçues sont transmises à notre cerveau,
- La transformation : le stimulus est modifié mentalement,
- Le jugement : comparaison du stimulus transformé avec le référent.

L'exécution d'une tâche de rotation mentale varie également selon les stratégies mises en œuvre. L'on distingue notamment les stratégies interne et la stratégie externe. La première est utilisée lors de la présentation de stimuli représentant un objet familier ou une partie du corps du sujet (ex : la main), elle est égocentrique car c'est une stratégie qui associe mentalement la cible avec son propre corps. La seconde stratégie est requise lorsque l'objet est abstrait et qu'il ne peut être associé à ses propres mouvements corporels. La méthode interne serait plus motrice tandis que la méthode externe serait plus visuelle (Hoyek et al., 2010 ; Kosslyn et al., 2001). Comme expliqué précédemment, ces stratégies ont des activations cérébrales différentes.

Il existe tout autant des différences inter-individuelles qui ont un impact important sur le déroulement de la rotation (Decker, et al. 1994). Les personnes ayant de bonnes capacités d'imagerie auront tendance à utiliser un traitement holistique de l'objet (dans son entièreté) lorsque la figure proposée est complète et auront recours à une stratégie analogique (morceau par morceau) quand la figure est fragmentée, ils font preuve de beaucoup de flexibilité. Les personnes ayant de faibles capacités en imagerie n'utiliseront que la stratégie analogique quel que soit le stimuli présenté et sont donc peu flexibles sur leur utilisation de stratégie (Khooshabeh et al., 2013)

Il faut enfin garder à l'esprit que l'un des principes régissant la rotation mentale est « le principe de la moindre action ». Ce dernier postule que le sujet effectuant une tâche de rotation mentale d'un objet utilisera toujours la voie la plus courte et la plus simple (par exemple, si un objet a subi une rotation d'un angle de 300° , le sujet prendra en compte une rotation de 60°). En tout état de cause, une mauvaise perception du stimuli (première étape de la rotation mentale) va affecter toutes les autres étapes de la tâche de rotation (Heil et al., 2002).

2.2 Les paramètres liés au sujet

Le développement de la rotation mentale est complexe. L'âge est tout d'abord un paramètre important à prendre en compte. De nombreuses études, dont celle de Hespos et Rochat (1997) qui étudie le regard des enfants, ont montré une première rotation mentale dès l'âge de 4 mois. Cependant la rotation mentale nécessitant la manipulation n'arrive que vers 4/5 ans (Marmor, 2005).

Decker et Lejeune (1994) ont également montré que les enfants de 6 ans commettaient plus d'erreurs que les enfants de 10 ans lorsque la rotation mentale s'effectuait dans un plan en trois dimensions mais il n'y avait pas de différence significative dans les résultats pour une tâche dans un plan en deux dimensions. Cette différence est expliquée par Piaget en 1980, il stipule que les enfants plus jeunes utilisent un processus perceptif dans lequel l'enfant réalise une analyse purement visuelle sans anticiper les changements.

La rotation mentale est un processus qui continue de se développer à l'âge adulte : les stratégies utilisées évoluent. Chez l'enfant, le raisonnement est analytique (transformation d'une partie du stimulus) puis à l'âge adulte il devient holistique (rotation de l'ensemble du stimulus) (Jansen-Osmann & Heil, 2007). Les capacités dans une tâche de rotation mentale déclinent avec l'âge, les scores des jeunes adultes (18-28 ans) sont meilleurs que ceux des adultes plus âgés (60-76 ans). (Band & Kok, 2000).

Il existerait ensuite une différence entre les hommes et les femmes dans la tâche de rotation mentale. L'on observe en effet de meilleures performances chez les hommes que chez les femmes (Constantinescu, et al., 2017). Cette différence n'est toutefois présente que lorsque l'objet a subi une transformation, ce qui est propre à une tâche de rotation mentale (Maltese, 2013).

Enfin, selon Dubrowski et al. (2010), l'entraînement à une tâche de rotation mentale peut permettre une amélioration au niveau du temps de réaction. Cet entraînement est transférable à tout autre tâche de rotation mentale.

2.3 Les paramètres liés à l'objet

La littérature a montré que la difficulté d'une tâche de rotation mentale est variable selon le positionnement spatial de l'objet.

Shepard et Metzler (1971), qui ont été les premiers à avoir mis en évidence de façon expérimentale le processus de rotation mentale, les personnes sont capables de déterminer si des objets en 2D ou en 3D représentent la même chose même si les orientations ne sont pas similaires. Ils ont cependant admis que le temps de réponse variait selon l'ampleur de l'angle de rotation. Les résultats de leur épreuve ont montré que plus l'angle de rotation était grand, plus le temps de réponse était long.

Courbois (2000) ajoute qu'une tâche de rotation mentale sera plus difficile à réaliser si le stimuli n'est pas représenté sur un axe saillant. De plus, si le stimuli de départ n'est pas sur un axe vertical, alors il sera plus complexe pour la personne d'analyser son mouvement de rotation.

La tâche de rotation mentale peut être réalisée avec des objets familiers et des objets inconnus. Il y a une différence de performance entre les individus ayant de bonnes capacités spatiales et ceux ayant un niveau plus bas lors d'une tâche comportant des stimuli inconnus. En revanche, les performances étaient équivalentes pour des stimuli familiers (Beste et al., 2010).

3 Le cas particulier des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle

Processus cognitif complexe, la rotation mentale l'est à première vue davantage pour les individus porteurs d'une déficience intellectuelle. Ces derniers sont toutefois une population peu étudiée par la littérature scientifique, ce qui justifie l'objet de notre recherche. Avant de détailler les études existantes (3.3), une compréhension et une présentation plus détaillée de la déficience intellectuelle est nécessaire (3.1) ainsi qu'une explication de son impact sur la rotation mentale (3.2).

3.1 Présentation de la déficience intellectuelle

3.1.1 *Capacité intellectuelle et adaptabilité*

Les anciennes définitions de la déficience intellectuelle se réduisaient à une notion de capacités intellectuelles réduites. Les définitions actuelles intègrent la notion d'adaptabilité. (Nader-Grobois, 2020).

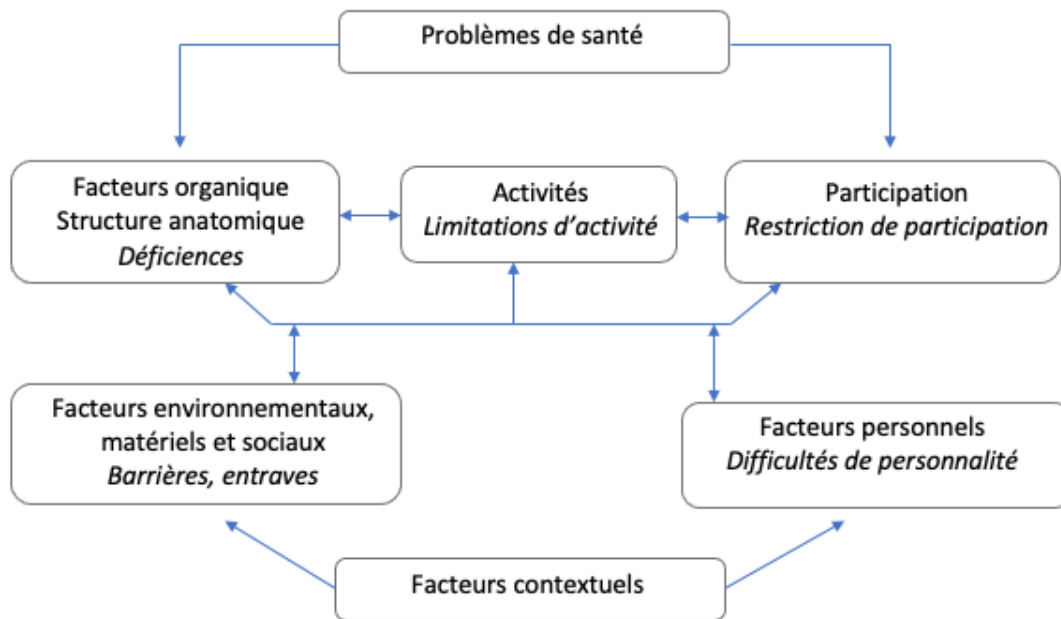
La déficience intellectuelle est en effet définie aujourd'hui par l'OMS comme « *la capacité sensiblement réduite de comprendre une information nouvelle ou complexe et d'apprendre et d'appliquer de nouvelles compétences. Il s'ensuit une aptitude diminuée à faire face à toute situation de manière indépendante, un phénomène qui commence avant l'âge adulte et exerce un effet durable sur le développement* ».

L'American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD, 2012), corrobore cette lecture : les personnes présentant un trouble du développement intellectuel rencontrent des difficultés plus ou moins importantes dans les comportements adaptatifs.

Ces comportements sont l'ensemble des compétences conceptuelles, sociales et pratiques qui sont assimilées et utilisées par les personnes dans leur quotidien. L'AAIDD a représenté la déficience intellectuelle selon un modèle bio-psycho-social. Selon ce dernier, un même individu présente des limites mais également des forces. Le but de ce modèle est d'évaluer le profil de la personne et ses besoins afin d'identifier le soutien optimal pour son profil type.

La déficience intellectuelle apparaît avant l'âge de 22 ans (AAIDD, 2021), et est présente tout au long de la vie de l'individu malgré les aides qui lui sont adaptées (Schalock et al. 2019).

Figure 4. Modèle bio-psycho-social de la déficience intellectuelle (Nader-Grobois, 2020)



3.1.2 Le diagnostic de la déficience intellectuelle

Il existe plusieurs façons de réaliser un diagnostic de DI, les avis divergent selon les auteurs. Le diagnostic de trouble du développement intellectuel peut se faire à l'aide de tests de quotient intellectuel (QI). Le QI moyen étant de 100, toute personne présentant un QI de 70 (soit 2 écarts-types sous la moyenne) aura un déficit du fonctionnement intellectuel (AAIDD, 2021 ; DSM-5, 2013). Cependant, selon l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM, 2016), le score obtenu en calculant le QI ne permet pas d'identifier les besoins et le fonctionnement des individus. De plus, pour les déficits intellectuels sévères ou profonds, ce test est peu fiable et difficilement réalisable (Organisation Mondiale de la Santé, 2018).

Le diagnostic doit être complété par une observation des compétences adaptatives de l'individu et pour lesquelles il existe des échelles normées (AAIDD, 2021) permettant d'obtenir un profil cognitif qui montre les forces et les faiblesses de la personne.

Selon le modèle bio-psycho-social cité plus haut, le but de l'évaluation et de l'identification des limites d'une personne porteuse d'une déficience intellectuelle est de mettre en place le soutien adapté en termes d'intensité et de fréquence.

3.1.3 L'origine de la déficience intellectuelle

La déficience intellectuelle est un état pathologique. C'est un trouble extrêmement hétérogène, tant sur le plan étiologique que clinique. L'identification de l'origine d'une déficience intellectuelle est essentielle pour le diagnostic et la prise en charge de l'individu. Selon l'American Psychological Association (2013), le trouble du développement intellectuel peut avoir plusieurs causes qui définissent les caractéristiques de chaque personne. Selon l'INSERM, la venue de ce trouble peut être prénatale (entre le 1^{er} jour d'aménorrhée et le début du travail de l'accouchement), périnatale (dès le début du travail et jusqu'au 7^{ème} jour de vie) ou postnatale (au-delà du 7^{ème} jour de vie) et selon Maulik et al. (2011), la proportion de ces apparitions est équivalente.

Les causes de la déficience intellectuelle peuvent être classées en trois catégories : les causes génétiques, les causes organiques et environnementales, et les causes d'origine inconnue (Moog, 2005 ; Harris, 2006).

Tableau 1. Répartition en pourcentages des étiologies de la déficience intellectuelle (Inserm, 2016)

Étiologies	%
Prématurité	5 %
Causes environnementales	13 %
Anomalies chromosomiques	15 %
Maladies métaboliques	8 %
Syndromes reconnaissables	2 %
DI liée au chromosome X	10 %
Maladies monogéniques connues	10 %
DI idiopathiques	35-40 %

- Génétique et chromosomique

L'origine chromosomique est l'étiologie la plus fréquente de la déficience intellectuelle. (Ellison et al, 2010).

Les anomalies génétiques sont transmises à l'enfant par les parents lors de la conception. Selon Frébourg (2016), il y a près de 450 gènes pouvant être responsables du développement d'une déficience intellectuelle.

Les irrégularités chromosomiques, qui surviennent pendant la création des chromosomes, après la conception, contrairement aux malformations génétiques ne sont pas héréditaires. Il s'agit d'une anomalie d'un chromosome, d'une paire de chromosomes, d'un ensemble de chromosomes ou du nombre de chromosomes.

De nombreuses pathologies plus ou moins connues peuvent être citées de manière non exhaustive à titre d'exemple : le syndrome de Down, le syndrome du X-fragile, le syndrome de Williams, le syndrome d'Angelman, etc. (Tassé et al, 2003 ; INSERM, 2016).

- Organiques et environnementales

Les causes organiques et environnementales représentent 10 à 20 % des déficiences intellectuelles (Inserm, 2016).

Les causes organiques sont les maladies qui peuvent apparaître in utéro, pendant l'accouchement et/ou pendant la période de développement de l'enfant. Elles peuvent être causées par des atteintes infectieuses pendant la grossesse comme le cytomégalovirus (Lombardi et al. 2010) ou par une intoxication comme le syndrome d'alcoolisation fœtale (Inserm, 2016). La grande prématurité est également un facteur de risque de déficience intellectuelle (Salbreux et al. 2005).

Les facteurs environnementaux sont principalement d'origine familiale et culturelle (Nader-Grosbois, 2015). Des négligences graves ou des carences affectives peuvent entraîner des déficiences intellectuelles. (Nader-Grosbois, 2015). Parmi les facteurs environnementaux, le niveau socio-économique peut avoir un impact. En effet, Katz et al. (2008) ont montré qu'il y avait une corrélation entre la pauvreté et la déficience intellectuelle, et que les pays en voie de développement présentaient la plus grande prévalence de personnes présentant une déficience intellectuelle, ce qui a été confirmé plus tard par Maulik et al. (2011).

- Origine inconnue

Malgré toutes ces études portant sur l'origine de la déficience intellectuelle, selon l'INSERM (2016) entre 35 et 40% des troubles du développement intellectuel restent inconnus, on parle alors de déficience intellectuelle idiopathique.

Il existe un grand nombre de troubles associés à la déficience intellectuelle, qui peuvent être moteurs, mentaux, sensoriels, comportementaux (Boulanger, 2016). Il peut y avoir des maladies associées à la DI au niveau somatique, notamment les maladies organiques durant lesquelles la DI peut apparaître de manière chronique ou bien non régulièrement. Parmi les troubles associés, les plus fréquents sont le trouble de l'attention et/ou de l'hyperactivité, trouble anxieux, trouble du spectre de l'autisme (Boulanger, 2016).

Le sexe, l'origine, l'appartenance à une ethnie ou l'âge de la mère sont également des facteurs de risques d'être porteur d'une déficience intellectuelle modérée à sévère.

3.1.4 La classification des déficiences intellectuelles

La classification des déficiences intellectuelles varie selon les auteurs. Les différents profils de DI peuvent être classés selon différents critères notamment le QI, l'étiologie, les compétences adaptatives.

La CIM-10 (Classification Internationale des Maladies 10^{ème} révision) utilise une classification basée sur le score au test de QI. On distingue alors 4 niveaux de sévérité :

- Léger : QI de 50 à 69
- Moyen : QI de 35 à 49
- Grave : QI de 20 à 34
- Profond : QI inférieur à 20

Le DSM-4 (manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux) utilisait aussi cette forme de classification mais dans sa réédition de 2013, le DSM-5 abandonne le critère du QI pour reprendre les différents comportements adaptatifs et apporte une catégorisation descriptive.

Tableau 2. *Classification descriptive des déficiences intellectuelles selon les comportements adaptatifs*

Niveau de sévérité	Domaine conceptuel	Domaine social	Domaine pratique
Léger	Résolution de problèmes de manière plus pragmatique que ses camarades du même âge.	Compréhension limitée des situations sociales et jugement sociale immature.	Possibilité d'avoir un emploi requérant peu d'habiletés conceptuelles
Modéré	Compétences scolaires de niveau primaire et une prise en charge est nécessaire pour les utiliser dans le contexte professionnel ou personnel.	Limitations au niveau de la communication et des habiletés sociales ce qui rend les amitiés difficiles.	Comportements non adaptés entraînant des difficultés de fonctionnement social
Grave	Compréhension limitée du langage écrit ou des notions de nombres, quantité, temps.	Langage parlé limité.	Besoin d'aide pour toutes les activités quotidiennes.
Profond	Utilisation de quelques objets dans un but précis. Difficultés à en faire un usage fonctionnel causées par des problèmes moteurs.	Compréhension de gestes et instructions simples uniquement.	Dépendance aux autres pour tous les soins physiques, la santé, la sécurité, etc.

Selon une méta-analyse de Maulik et al. (2011) reprenant les données de 52 études, la déficience intellectuelle représente 10,37 personnes sur 1000 soit environ 1% de la population générale. Cette prévalence serait répartie entre les degrés de sévérité de la manière suivante :

85% de DI légère, 10% de DI moyenne, 4% de DI grave et 2% de DI profonde (King et al., 2009). Ce trouble touche plus les garçons que les filles, le ratio varie de 0,4 à 1 pour les enfants et adolescents et il est de 0,7 à 0,9 pour les adultes.

Il existe de nombreux facteurs de risques qui sont différents selon le degré de sévérité de la déficience intellectuelle : un faible niveau socio-économique entrainerait un facteur de risque pour les DI modérées alors que ce niveau n'impacte pas spécifiquement les DI sévères. Les déficiences intellectuelles sévères sont plus susceptibles de coexister avec d'autres maladies neurodéveloppementales et d'être attribuées à des causes connues.

Selon l'Inserm (2016), la prise en charge précoce des enfants présentant une déficience intellectuelle a des effets positifs notamment sur la cognition, l'adaptabilité, la motricité fine et l'autonomie. Ces prises en charge précoces et continues peuvent améliorer les capacités intellectuelles d'un individu jusqu'à l'âge adulte.

3.2 L'impact de la déficience intellectuelle sur la rotation mentale

Pour Dionne et al. (1999), les étapes de développement sont les mêmes chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (EDI) et les enfants en développement typique (EDT), l'organisation et l'ordre de manifestation de ces habiletés sont similaires. Cependant, le rythme peut varier selon l'habileté concernée, ainsi l'organisation spatiale et temporelle se développerait moins rapidement (Lussier, 2017).

Les habiletés cognitives nécessaires à l'utilisation de la rotation mentale décrites précédemment sont impactées par la déficience intellectuelle.

3.2.1 *La représentation spatiale*

Les composantes de la représentation spatiale (navigation et rotation mentale) ont toutes deux des fonctions adaptatives car elles permettent à l'individu de réagir face à des situations imprévues, problématiques et changeantes (Newcombe, 2012). Or c'est une des fonctions déficitaires chez les personnes porteuses d'une déficience intellectuelle (AAIDD, 2010). La cognition spatiale a fait l'objet de peu d'études. Il existe quelques recherches sur la maîtrise et l'acquisition des relations spatiales impactant le raisonnement spatial (Pyers et al. 2010) permettant d'obtenir des résultats détaillés. Ces études s'intéressent en particulier aux enfants présentant un syndrome de Down.

La connaissance des prépositions spatiales varie selon plusieurs critères : les déficients mentaux ont plus de difficultés à produire les prépositions correctes si l'environnement est en deux dimensions, en comparaison avec un environnement en trois dimensions. Cela peut être dû au fait que dans l'espace en trois dimensions, les éléments sont bien distincts. Le choix des prépositions se fera par « sécurité », c'est-à-dire que l'enfant choisira un terme moins précis que la cible afin d'avoir une réponse correcte. En production, l'inversion des termes antonymes est une erreur très fréquente (Fayasse, 2012).

La nature des prépositions est un élément important à prendre en compte pour la compréhension et la production chez les sujets déficients intellectuels. Fayasse, Comblain et Rondal (1992) ont noté que si l'on donne une fonction secondaire à une préposition, les erreurs seront plus importantes et l'enfant aura tendance à donner la signification du terme qu'il connaît de façon arbitraire (ex : si l'on donne comme consigne « met le chat dans le chapeau », l'enfant aura tendance à mettre le chapeau sur le chat c'est-à-dire la fonction de base de l'objet référent).

Les objets orientés et les objets canoniques sont deux choses différentes mais qui influencent la représentation spatiale. Les objets orientés sont asymétriques et possèdent en eux-mêmes une orientation particulière, c'est-à-dire un devant, un côté, un derrière, un haut et un bas, c'est le cas par exemple d'une chaise. Les objets canoniques sont ceux qui ont des propriétés fonctionnelles propres, comme on l'a vu pour les prépositions spatiales avec l'exemple du chapeau qui a pour fonction principale d'être « sur » un autre élément. Les études réalisées ont montré que le sens premier des objets influençait les prépositions spatiales qui ne suivraient pas leur fonction propre (Fayasse & Comblain, 1992). La représentation des objets non canoniques dépend de l'observateur, or les personnes présentant une déficience intellectuelle décrivent l'espace selon un point de vue égocentrique cela signifie qu'ils se basent sur leur propre point de vue. Ces études ont également montré, concernant les objets orientés et non orientés, que les enfants parviennent plus facilement et plus correctement à placer dans la position demandée l'objet orienté que l'objet non-orienté (test de la poupée par rapport à un objet non orienté).

3.2.2 L'attention

L'attention peut être impactée par la déficience intellectuelle. La quantité d'informations que peut traiter l'enfant présentant une déficience intellectuelle par rapport à un enfant en développement typique est moindre. L'enfant DI est plus facilement perturbé par un élément distracteur et aura plus de mal à se focaliser à nouveau sur la tâche en cours qu'un enfant ayant un développement typique. Selon une étude de l'Université de Montréal, la prévalence d'un trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité est 3 à 4 fois plus élevée chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle. Cependant, des études comparatives entre différents syndromes ont montré qu'il existait des différences selon les étiologies. Les difficultés rencontrées dans le domaine attentionnel ne sont pas communes à toutes les personnes présentant une déficience intellectuelle (Larocci et al. 2012).

3.2.3 Les fonctions exécutives

Selon une étude de Danielsson et al. (2011), les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle ne présentent pas de différence significative avec les enfants ayant un développement typique au niveau de la mémoire de travail verbale et de la flexibilité. En revanche, concernant la mémoire de travail non verbale, l'inhibition et la planification, les performances des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle sont significativement plus basses que celles des enfants ayant un développement typique.

3.2.4 La mémoire à long terme

Selon Lussier et al. (2017), les enfants présentant une déficience intellectuelle n'ont pas la capacité de regrouper les stimuli pour faciliter l'encodage dans le cadre de la mémoire immédiate. Comme cité précédemment, la mémoire de travail verbale ne semble pas différer significativement des enfants ayant un développement typique. En revanche, leur mémoire à long terme peut être nettement inférieure à celle des enfants en développement typique.

Selon Cook (1977), chez les individus porteurs d'une déficience intellectuelle, certaines prépositions spatiales sont acquises dans le même ordre que les EDT et notamment, « dans, sur et en dessous ». Piérart le confirme en 1998 : il estime que les enfants porteurs du

syndrome de Down (SD) acquièrent les prépositions dans le même ordre mais à des âges différents. Il a montré que les EDI commettaient les mêmes erreurs que des EDT plus jeunes.

3.3 Les études spécifiques aux syndromes de Down et de Williams

Bien que les capacités visuospatiales, dont la rotation mentale fait partie, soient essentielles dans notre vie quotidienne, elles ont été peu étudiées chez les personnes porteuses d'une DI. La majorité des études sur le sujet porte précisément sur le syndrome de Down et sur le syndrome de Williams (SW). Ces deux syndromes présentent une déficience intellectuelle.

Le premier, le syndrome de Down représente la cause de déficience intellectuelle d'origine génétique la plus commune (1/800 naissances) (Purugganan, 2018). Il s'agit d'un trouble d'origine génétique lié à une trisomie du chromosome 21 (Silverman, 2007). Le syndrome de Down est caractérisé par une déficience intellectuelle de sévérité légère à modérée (Purugganan, 2018).

Le second, le syndrome de Williams est causé par une microdélétion du chromosome 7q11 (Purugganan, 2018). Les capacités langagières sont relativement préservées, le niveau le plus atteint est le niveau visuo-constructif. Les faiblesses se situent au niveau de la sphère du non verbal et en particulier de la cognition spatiale (Fayasse, 2003). Le syndrome de Williams est également caractérisé par une déficience intellectuelle de sévérité légère à modérée (Purugganan, 2018).

Les études sur le sujet ont montré que les SD ne mettaient pas plus de temps pour exécuter une tâche de rotation mentale mais que leurs performances au niveau de la précision étaient plus faibles que chez les EDT (Hinnell et al., 2004). Leur étude a montré que les réponses données par les EDI n'étaient pas dues au hasard.

Meneghetti et al. (2018) ont montré, à l'aide d'une épreuve de concordance de forme appelée « Ghost Picture Test », que les SD étaient moins précis que les EDT et les différences de performances étaient plus importantes lorsque les angles de rotation étaient d'un petit degré. De plus, les SD ne pouvaient pas effectuer de transformation mentale lorsque l'angle était supérieur à 180°.

Les SD sont capables de réaliser une tâche de rotation mentale jusqu'à un certain point il faut donc être vigilant avec l'angle de rotation (Doerr, et al. 2021).

Une étude a été menée auprès d'enfants porteurs du syndrome de Williams (Broadbent et al., 2014). Les résultats ont montré que les performances des SW étaient plus faibles que celles des EDT et ce même s'il y a une rotation de 0°. Ils en ont conclu que les SW étaient capables d'utiliser la rotation mentale mais qu'ils présentaient des difficultés d'appariement visuel.

Selon ces études, les personnes présentant une déficience intellectuelle auraient les capacités de réaliser une tâche de rotation mentale mais de façon moins précise que des personnes tout-venant.

OBJECTIFS ET HYPOTHESES

L'objectif du présent mémoire est de préciser la nature des difficultés de représentation spatiale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère en testant leurs capacités de rotation mentale et en les comparant à celles des enfants tout-venant. Ce travail s'articule autour de la question de recherche suivante :

« Dans quelle mesure les capacités de rotation mentale chez les enfants présentant une déficience intellectuelle sont différentes de celles d'un enfant tout-venant ? »

Certains auteurs ont mis en avant une différence entre les enfants en développement typique et les enfants présentant une déficience intellectuelle d'origine étiologique précise (à savoir syndrome de Down et syndrome de Williams) (Broadbent et al., 2014 ; Doerr, et al. 2021 ; Hinnell et al., 2004 ; Meneghetti et al., 2018). Ces analyses ont montré des différences au niveau de la précision des réponses mais ces études ne mettent pas l'accent sur le temps d'exécution de la tâche de rotation mentale. Nous dégageons dès lors la première hypothèse qui est la suivante :

Hypothèse 1 : Les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère présentent des capacités de rotation mentale inférieures à celles des enfants tout-venant tant au niveau du score que du temps d'exécution de la tâche de rotation mentale.

Nous nous attendons donc à un score de réussite supérieur chez les EDT et un temps de réponse moins long par rapport aux EDI.

Comme expliqué précédemment, la rotation mentale est un processus qui vise à se représenter mentalement un objet ayant subi plusieurs translations dans un espace en deux ou trois dimensions. Cependant, la manipulation d'un objet en deux dimensions semble plus difficile que celle d'un objet en trois dimensions chez les jeunes enfants (Decker & Lejeune, 1994). La deuxième hypothèse est donc celle-ci :

Hypothèse 2 : Les items représentant des éléments en trois dimensions sont mieux identifiés que ceux en deux dimensions.

Nous nous attendons donc à un score de réussite plus faible pour les items en 2D et un temps d'exécution de la tâche d'identification plus long.

Dans la représentation spatiale, la nature de l'item est un élément qui impacte la compréhension de l'espace. En effet, une étude de Fayasse et Comblain (1992) a montré que les objets orientés étaient plus faciles à manipuler que les objets canoniques. Nous pouvons alors nous interroger sur la manipulation d'items représentant un objet et celle de ceux représentant une forme abstraite. De ces recherches découle notre dernière hypothèse :

Hypothèse 3 : Les items représentant des objets sont plus facilement identifiables que ceux représentant des formes abstraites.

Nous nous attendons donc à un score de réussite plus faible pour les items représentant des formes abstraites et un temps d'exécution de la tâche plus long.

METHODOLOGIE

1 Participants

L'échantillon expérimental est composé de 10 enfants âgés de 6 à 12 ans porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère. Le groupe contrôle est composé de 10 enfants en développement typique âgés de 4 à 7 ans ayant un âge mental correspondant à ceux des enfants du groupe expérimental (tableau 4). La tranche d'âge a été choisie afin de correspondre à l'âge d'acquisition de la rotation mentale en manipulation qui débute vers 5 ans (Marmor, 2005), de ce fait l'âge scolaire a été choisi afin de s'assurer de la présence du processus de rotation mentale chez ces enfants.

Le seul critère d'inclusion a été la présence d'une déficience intellectuelle modérée à sévère : les participants ont des étiologies diverses et sont issus de milieux socio-économiques multiples.

Ces participants ont été recrutés dans des écoles spécialisées de la fédération Wallonie-Bruxelles, au sein des classes de type 2 dans lesquelles sont accueillis des élèves présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022). Les participants du groupe contrôle ont été choisis parmi les élèves d'écoles ordinaires de la fédération Wallonie-Bruxelles.

Pour le recrutement des participants dans les deux groupes, une lettre d'informations aux directeurs d'écoles ainsi qu'un consentement de participation à l'étude ont été remis aux parents de l'enfant afin d'obtenir leur accord parental (cf. Annexe 1, 2 et 6). Ces documents ont pour but d'expliquer aux parents la visée de notre recherche et de détailler les différentes épreuves que l'enfant va passer.

Tableau 3. *Tableau descriptif des participants*

		DI (N=10)		DT (N=10)	
		Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max
AGE (en mois)		111	75-147	66	56-76
		N		N	
SEXE	Féminin	5		6	
	Masculin	5		4	

- Appariement

L'âge chronologique n'a pas été un critère d'appariement car les enfants présentant une DI n'ont pas tous la même étiologie. De ce fait, pour un même âge chronologique, les compétences des enfants peuvent être sensiblement différentes. Nous avons apparié les participants grâce à leur âge mental, déterminé à l'aide des Matrices Progressives colorées de Raven (détaillées dans la partie « matériel et procédures d'évaluation ») (Raven et al., 1998).

Tableau 4. *Tableau des appariements entre les participants EDI et EDT*

Duo de Sujets	Score Raven DI	Score Raven DT	Âge Raven correspondant <i>Année(mois)</i>
1	13	15	4(3) à 4(8)
2	12	14	4(3) à 4(8)
3	19	20	5(9) à 6(2)
4	14	17	5(3) à 5(8)
5	23	24	6(9) à 7(2)
6	12	12	3(9) à 4(2)
7	17	19	5(3) à 5(8)
8	17	18	5(3) à 5(8)
9	15	17	5(9) à 6(2)
10	21	20	6(3) à 6(8)

2 Type de données

Il n'y a pas eu d'intervention ou de prise en charge dans ce travail, il s'agissait uniquement d'une récolte de données afin de comparer les résultats des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère à ceux des enfants ayant un développement typique. Les résultats obtenus refléteront les capacités des enfants au moment du testing, il est donc primordial de tenir compte de tous les facteurs environnants dans les analyses. Il est important de réaliser, dans la mesure du possible, les testings dans les mêmes conditions pour tous les enfants.

Les enfants d'âge scolaire porteurs d'une DI forment une population spécifique ce qui entrainerait un recrutement limité et par conséquent un petit échantillon. De ce fait, nous aurons recours à des statistiques non paramétriques. Cette analyse permettra de savoir s'il existe une différence significative entre les éléments recherchés mais il sera également intéressant de réaliser une analyse qualitative des items afin d'avoir des informations précises quant aux différences possiblement observées.

3 Matériels et procédures d'évaluation

Les épreuves n'ont été administrées qu'après réception des accords parentaux signés et les explications de l'étude données aux participants

3.1 Les Matrices Progressives Colorées de Raven

Comme expliqué précédemment, les enfants ont été appariés sur base de leur âge mental. Cet appariement a été réalisé à l'aide des Matrices Progressives Colorées de Raven. (Raven et al., 1998) (Annexe 7). Ce test permet de mesurer le raisonnement abstrait non verbal. Nous avons choisi de travailler avec la version colorée car elle est adaptée aux enfants et aux personnes présentant une déficience intellectuelle. Elle est composée de trois ensembles de douze éléments. Pour chaque item, un dessin auquel il manque une partie est proposé à l'enfant et ce dernier doit déterminer parmi 6 items, celui qui complète le dessin. Afin de faciliter la compréhension de la consigne par l'enfant nous avons fait le parallèle avec un puzzle en expliquant qu'une pièce est manquante et qu'il faut qu'il trouve celle qui convient.

3.2 Épreuve expérimentale

Notre épreuve expérimentale cible l'évaluation des capacités de rotation mentale. (Annexe 8, 9, 10 et 11)

Cette tâche expérimentale a été construite sur base de l'épreuve « Ghost Picture Test » proposée à des enfants DS (Meneghetti et al., 2018).

Lors de cette épreuve, l'enfant doit nous dire si les deux items présentés sont identiques ou non.

Elle est réalisée à l'aide d'un diaporama animé présenté sur un ordinateur face à l'enfant. La tâche comprend 48 items répartis en 4 catégories de 12 items : 12 items représentant un objet en deux dimensions (2D Objet), 12 items représentant une forme abstraite en deux dimensions (2D Abstrait), 12 items représentant un objet en trois dimensions (3D Objet) , 12 items représentant une forme abstraite (réalisée à l'aide de jeu de construction) en trois dimensions (3D Abstrait).

Les items étaient présentés en double, une représentation sans rotation et à côté le même objet ou forme ayant subi une rotation (45°, 90° et 180°).

Figure 5. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 2D Objet

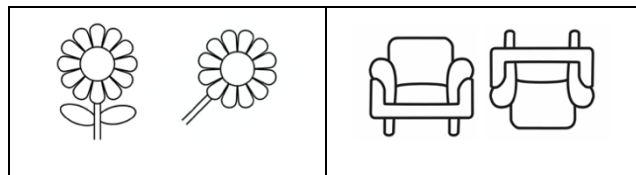


Figure 6. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 2D Abstrait

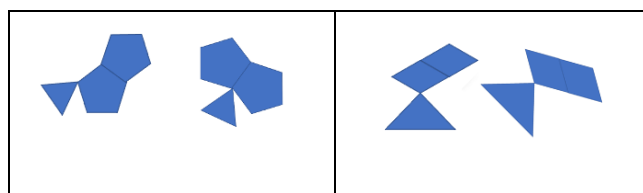
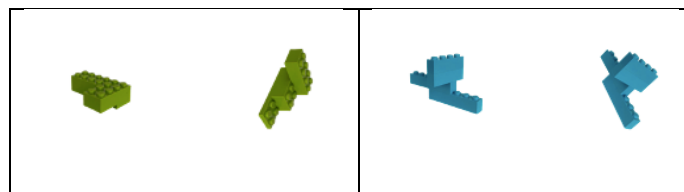


Figure 7. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 3D Objet



Figure 8. Illustration d'items présentés dans la sous-épreuve 3D Abstrait



Avant de commencer l'épreuve, nous avons expliqué les consignes à savoir : « *Tu vas avoir deux images côte à côte et tu vas me dire si elles sont pareilles ou pas pareilles, d'accord ?* » Puis nous présentons un premier exemple en lui répétant « *Alors, ici, est ce qu'ils sont pareils ou pas pareils ?* ». Dès la première passation nous nous sommes rendu compte qu'il fallait bien insister sur le fait que nous allions tourner une des deux images mais que cela ne voulait pas dire qu'elles étaient différentes. A la suite de la phase d'entraînement, nous félicitons l'enfant et nous lui demandons s'il est prêt pour commencer l'exercice.

Afin de s'assurer que la réponse de l'enfant ne relève pas du hasard, nous lui demandons de nous indiquer à quel endroit les deux items sont différents.

3.3 Conditions de passation

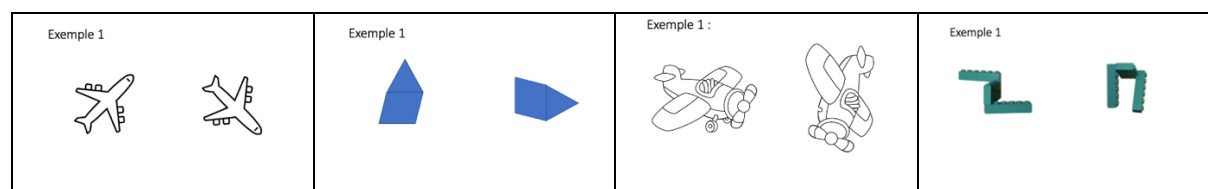
La passation est réalisée dans un endroit calme et isolé au sein de l'établissement scolaire de l'enfant ou bien à son domicile. Tous les participants issus de la même école ont réalisé l'épreuve dans le même local. Aucune distraction ne vient perturber l'enfant car seul l'ordinateur utilisé est présent sur la table. Par ailleurs, les individus porteurs d'une DI ne pouvant faire face à une situation d'évaluation que si la relation avec le professionnel est bien établie et que la communication est calme et claire (Giuliani et al., 2011). Pour les enfants qui ne me connaissaient pas, j'ai pris quelques minutes pour discuter avec eux de façon non formelle afin de les mettre à l'aise.

La passation complète comprenant les Matrices Progressives Colorées de Raven et l'épreuve expérimentale dure entre 10 et 20 minutes et ne nécessite qu'une séance. Avant le

testing, l'étude est expliquée à l'enfant et les consignes sont données, tout en précisant à l'enfant que cela n'est pas coté et que les réponses données ne sont que pour notre étude.

Les items sont présentés l'un à la suite de l'autre sur un fond blanc et sans aucun distracteur sur la diapositive présentée. Deux exemples sont présentés à l'enfant avant chaque sous-catégorie d'items puis nous demandons confirmation pour commencer les items évaluatifs. Tout au long de la passation, il est important d'encourager l'enfant et de le tenir informé sur l'avancée de l'épreuve.

Figure 9. Illustrations d'items présentés en guise d'exemple pour chaque sous-épreuve



La passation débute par la présentation des Matrices Progressives Colorées de Raven car ces dernières permettent de déterminer l'âge mental du sujet et de ce fait, cela nous informe sur la capacité de l'enfant présentant une déficience intellectuelle à réaliser la tâche suivante et pouvoir la comparer avec celle d'un enfant tout-venant. Cela a permis d'écarter 2 sujets DI qui étaient dans l'incapacité de réaliser la tâche.

4 Analyses statistiques

Afin de vérifier les hypothèses posées précédemment, nous réaliserons plusieurs tests statistiques à l'aide des logiciels Jaspe (version 0.16.3) et SPSS (version 28.0.0.0. (190)). Le seuil de signification a été fixé à .05 pour tous les tests réalisés. Les hypothèses nulles seront donc rejetées lorsque le seuil de signification (p) sera inférieur à 0.05.

Dans un premier temps, nous testerons la normalité de la distribution de notre échantillon afin de nous aiguiller dans le choix des tests ultérieurs (tests paramétriques ou non paramétriques) à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov.

Puis nous, réaliserons un test de Kruskal-Wallis afin de déterminer s'il existe une différence significative entre les deux groupes (EDI et EDT).

Ensuite, nous comparerons les distributions des scores des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle par rapport à ceux des enfants ayant un développement typique à chaque sous-épreuve : 2D Objet, 2D Abstrait, 3D Objet et 3D Abstrait (divisée selon les dimensions et les caractéristiques de l'item : deux sous-épreuves en 2 dimensions (objet et abstrait) et deux sous-épreuves en 3 dimensions (objet et abstrait)) puis nous ferons de même avec la distribution des temps d'exécution pour chaque tâche à l'aide de test de Mann-Whitney. Enfin, nous comparerons les résultats obtenus selon les différentes dimensions (2D et 3D) et les caractéristiques des items (abstrait et objet) grâce à un test de la somme des rangs de Wilcoxon.

RESULTATS

Dans cette partie, nous présenterons les résultats de nos analyses statistiques ayant pour objectif d'étudier les capacités de rotation mentale des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère (EDI). Nous exposerons également nos observations d'un point de vue qualitatif afin d'analyser chaque item en particulier ce qui permettra de mettre en avant des similitudes ou des dissemblances entre les participants.

1 Analyse quantitative

Il est important de débiter les analyses statistiques par un test de normalité des données afin de choisir les tests adéquats par la suite (paramétriques ou non-paramétriques). Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Kolmogorov-Smirnov (cf. tableau 5).

Tableau 5. Résultats statistiques au test de Kolmogorov Smirnov

	2D Objet (score)	2D Objet (temps)	2D Abstrait (score)	2D Abstrait (temps)	3D Objet (score)	3D Objet (temps)	3D Abstrait (score)	3D Abstrait (temps)
N	20	20	20	20	20	20	20	20
D	1.118	1.789	1.565	1.565	0.224	1.789	0.671	2.236
p	.164	.003	.015	.015	1.000	.003	.759	<.001

N = Nombre de participants, D = valeur statistique, p = seuil de signification

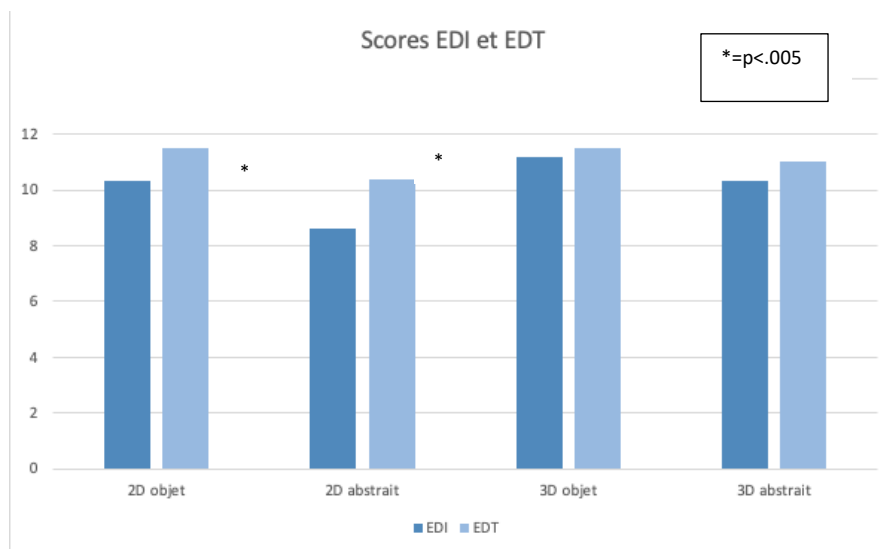
Les données statistiques du test de Kolmogorov-Smirnov indiquent que la sous-épreuve 2D Abstrait ($D(20) = 1.565$, $p = .015$) ne présentait pas une distribution normale des données pour les scores. Il en est de même pour la sous-épreuve 2D objet ($D(20) = 1.789$, $p = .003$), 2D Abstrait, ($D(20) = 1.565$, $p = .015$), 3D Objet ($D(20) = 1.789$, $p = .003$) et 3D Abstrait ($D(20) = 2.236$, $p = < .001$), elles ne présentent pas de distribution normale des données pour les temps d'exécution. Pour les autres résultats, l'hypothèse nulle de normalité des données est tolérée car la probabilité de dépassement est supérieure à .05. Au vu de ces résultats, les tests statistiques utilisés sont non-paramétriques car la normalité des données n'était pas objectivée pour toutes les sous-épreuves en raison du nombre réduit de sujet au sein de l'échantillon.

1.1 Hypothèse 1 : les enfants porteurs d'une DI présentent des capacités de rotation mentale inférieures à celles des enfant DT tant au niveau du score que du temps d'exécution de la tâche de rotation mentale.

Les analyses qui suivent portent sur l'existence ou non d'une différence de performance au niveau du score entre le groupe expérimental (EDI) et le groupe contrôle (EDT) et de déterminer lequel des deux groupes était le plus performant. Pour ce faire, nous avons comparé les résultats des EDI à ceux des EDT.

Les scores obtenus sont présentés de manière descriptive dans la figure n°10.

Figure 10. Moyennes des scores des différentes populations à chaque sous-épreuve



Tout d'abord nous avons réalisé une première comparaison entre les deux groupes (EDI et EDT) au niveau du score pour chaque modalité, à savoir : 2D objet, 2D abstrait, 3D objet et 3D abstrait. Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis afin de mettre en évidence ou non une différence significative entre les deux groupes pour chaque sous-épreuves (tableau 6).

Tableau 6. Résultats statistiques au test de Kruskal-Wallis comparant les scores des EDI et des EDT

	2D Objet	2D Abstrait	3D Objet	3D Abstrait
H	4.871	8.415	0.097	1.376
dl	1	1	1	1
p	<u>.027*</u>	<u>.004*</u>	.755	.241

H = valeur statistique, p = seuil de signification, dl = degré de liberté

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative entre les performances des EDI et des EDT à la sous-épreuve 2D Objet ($H(1) = 4.871$, $p = .027$) ainsi qu'à la sous-épreuve 2D Abstrait ($H(1) = 8.415$, $p = .004$). Les autres différences ne sont pas significatives.

En vue d'approfondir ces résultats, le test U de Mann-Whitney a été utilisé, ce dernier compare les distributions des scores de chaque groupe selon chaque épreuve séparément. Ce test statistique permet de mettre en évidence le groupe ayant de meilleurs résultats. (Figure n°11 et tableau n°7).

Figure 11. Comparaison des distributions des scores des participants selon le test de Mann-Whitney aux sous-épreuves 2D Objet et 2D Abstrait.

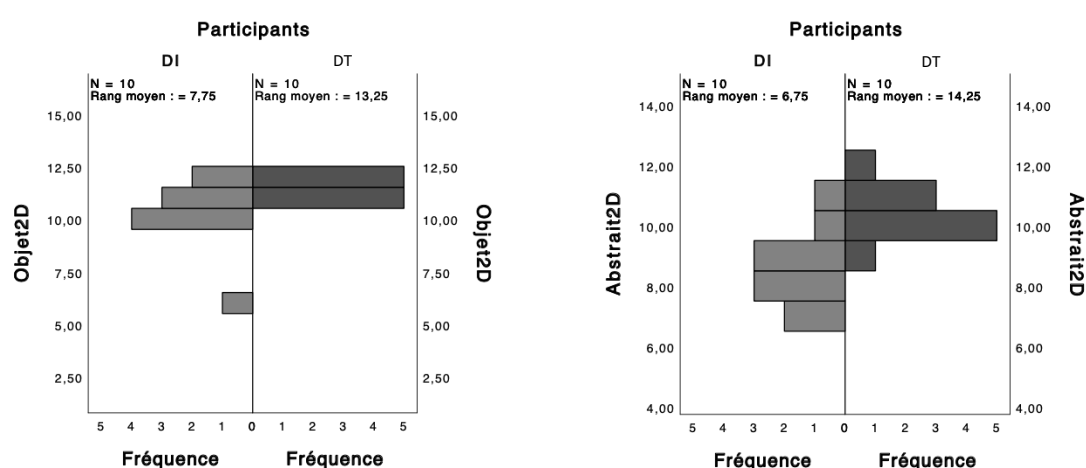


Tableau 7. Résultats statistiques au test de Mann-Whitney comparant les distributions des scores des EDI et des EDT

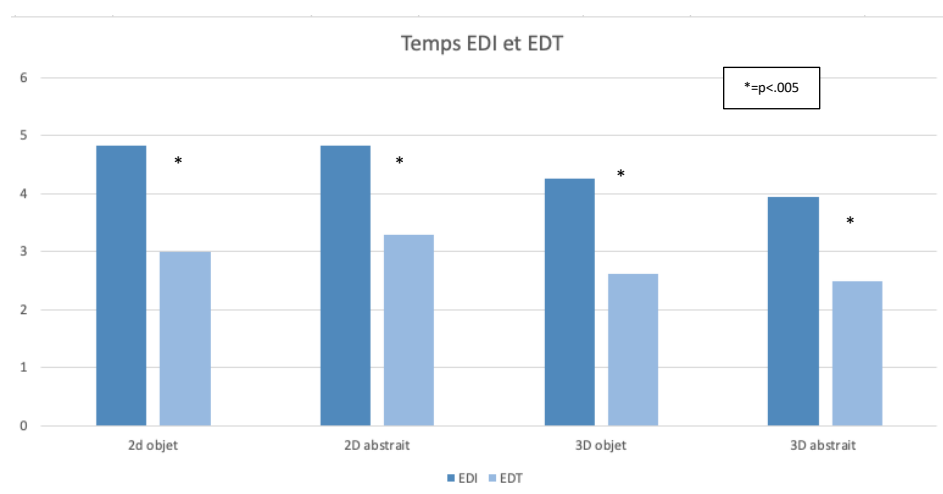
	2D Objet (score)	2D Abstrait (score)
Médiane DI (Mdn)	10,5	8,5
Médiane DT (Mdn)	11,5	10
U	77,500	87,500
z	2,207	2,901
p	<u>.035</u>	<u>.003</u>

Mdn = médiane, U = valeur statistique, p = seuil de signification

Le test U de Mann-Whitney révèle que les enfants tout-venant (Mdn = 11.5) ont une performance à la sous-épreuve 2D Objet significativement supérieure à celle des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (Mdn = 10.5), (U = 77.500, z = 2.207, p = .035). Ce test montre également que les enfants tout-venant (Mdn = 10) ont une performance à la sous-épreuve 2D Abstrait significativement supérieure à celle des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (Mdn = 8.5), (U = 87.500, z = 2.901, p = .003).

Les temps d'exécution sont présentés de manière descriptive dans la figure n°12.

Figure 12. Moyennes des temps d'exécution des différentes populations à chaque sous-épreuve



Pour débiter nous avons réalisé une première comparaison du temps d'exécution de la tâche entre les deux groupes (EDI et EDT) pour chaque modalité, à savoir : 2D objet, 2D abstrait, 3D objet et 3D abstrait. Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis afin de mettre en évidence ou non une différence significative entre les deux groupes pour chaque sous-épreuve (tableau n°8)

Tableau 8. Résultats statistiques au test de Kruskal-Wallis comparant les temps d'exécution des EDI et les EDT

	2D Objet	2D Abstrait	3D Objet	3D Abstrait
H	12.412	10.415	12.690	14.329
dl	1	1	1	1
p	<u><.001</u>	<u>.001</u>	<u><.001</u>	<u><.001</u>

H = valeur statistique, dl = degré de liberté, p = seuil de signification

Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative entre les temps d'exécution des EDI et des EDT pour chaque sous-épreuve : 2D Objet ($H(1) = 12.412$, $p = <.001$), 2D Abstrait ($H(1) = 10.415$, $p = .001$), 3D Objet ($H(1) = 12.690$, $p = <.001$) et 3D Abstrait ($H(1) = 14.329$, $p = <.001$).

Afin de préciser nos résultats, nous avons à nouveau utilisé le test U de Mann-Whitney qui compare les distributions des temps de chaque groupe selon chaque épreuve séparément. Ce test statistique permet de mettre en évidence le groupe le plus rapide dans l'exécution de la tâche. (figure n°13 et tableau n°9)

Figure 13. Comparaison des distributions des scores des participants d'après le test de Mann-Whitney à chaque sous-épreuve.

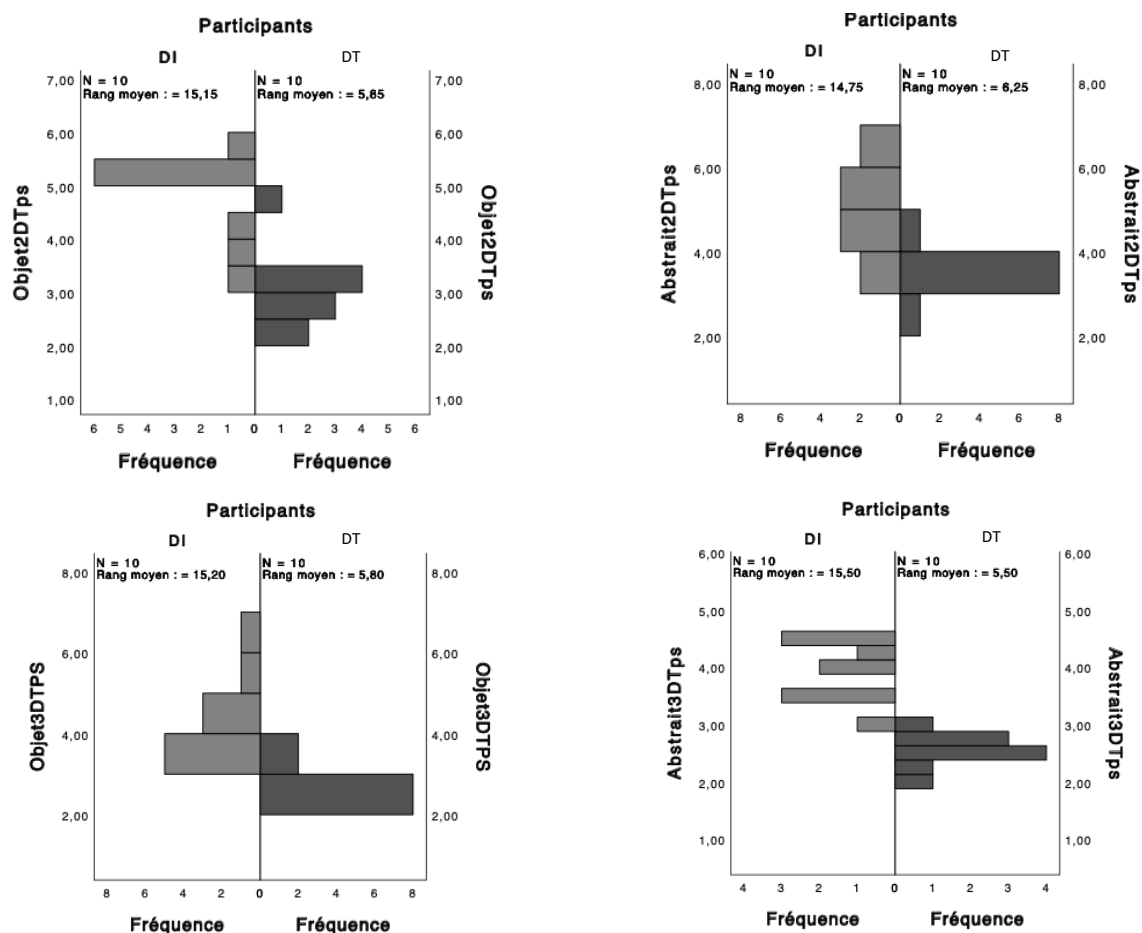


Tableau 9. Résultats statistiques au test de Mann-Whitney comparant les distributions des temps d'exécution des EDI et des EDT

	2D Objet (Temps)	2D Abstrait (Temps)	3D Objet (Temps)	3D Abstrait (Temps)
Médiane DI (Mdn)	5.175	4.7	3.95	4.15
Médiane DT (Mdn)	2.9	3.3	3.95	4.05
U	3.500	7.500	3.000	.000
z	-3.523	-3.227	-3.562	-3.785
p	<u>.000</u>	<u>.000</u>	<u>.000</u>	<u>.000</u>

Mdn = médiane, U = valeur statistique, p = seuil de signification

Le test U de Mann-Whitney montre que les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (Mdn = 5.175) ont un temps d'exécution de la tâche 2D Objet significativement plus long que les enfants ayant un développement typique (Mdn = 2.9), ($U = 3.500$, $z = -3.523$, $p = .000$). Le temps d'exécution pour la tâche 2D Abstrait est également plus long chez les EDI (Mdn = 4.7) par rapport aux EDT (Mdn = 3.3), ($U = 7.500$, $z = -3.227$, $p = .000$). Les résultats du test ont également mis en avant un temps de réalisation plus long concernant la sous-épreuve 3D Objet chez les EDI (Mdn = 3.95) en comparaison avec les EDT (Mdn = 3.95), ($U = 3.000$, $z = -3.562$, $p = .000$). Enfin, le temps est également significativement plus long à la sous-épreuve 3D Abstrait pour les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (Mdn = 4.15) que pour les enfants tout-venant (Mdn = 4.05), ($U = .000$, $z = -3.785$, $p = .000$). Les EDT ont un temps d'exécution significativement inférieur à celui des EDI et cela pour toutes les sous-épreuves présentées.

1.2 Hypothèse 2 : les items représentant des éléments en trois dimensions sont mieux identifiés que ceux en deux dimensions

Pour analyser nos résultats, nous avons utilisé la version non paramétrique du test t de Student à savoir le test de Wilcoxon. Le but de cette analyse est de mettre en évidence ou non une différence de résultats et de temps d'exécution selon les dimensions de l'item utilisées (2 dimensions vs 3 dimensions).

Les résultats obtenus pour le score sont présentés dans le tableau n°10 et illustrés dans la figure 14. L'hypothèse alternative choisie dans le logiciel est que la mesure 2 est supérieure à la mesure 1.

Figure 14. Comparaison des scores selon les dimensions d'après le test de la somme des rangs de Wilcoxon.

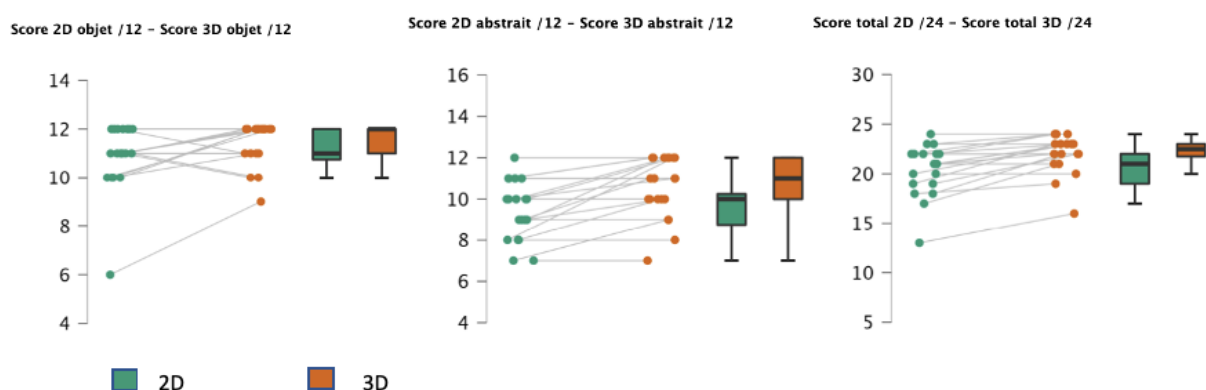


Tableau 10. Résultats statistiques au test de la somme des rangs de Wilcoxon comparant les scores entre 2D et 3D

Mesure 1	Score 2D Objet	Score 2D Abstrait	Score 2D total
Mesure 2	Score 3D Objet	Score 3D Abstrait	Score 3D total
T	13.500	0.000	0.000
z	-2.000	-2.934	-3.296
dl	19	19	19
p	.021	.002	<.001

T = valeur statistique, dl = degré de liberté, p = seuil de signification

Les scores des participants ont été comparés en condition 2D et 3D. Un test de la somme des rangs de Wilcoxon montre que la différence entre les deux conditions est significative dans les trois situations ($T = 13.500$, $z = -2.000$, $p = .021$ / $T = 0.000$, $z = -2.934$, $p = .002$ / $T = 0.000$, $z = -3.296$, $p = <.001$). Nous avons rejeté l'hypothèse nulle et toléré l'hypothèse selon laquelle la mesure 2 est mieux réussie que la mesure 1. En moyenne, les participants réussissent mieux en condition 3D qu'en 2D.

Le tableau suivant présente les résultats du test de Wilcoxon des participants au niveau du temps d'exécution de la tâche pour les différentes sous-épreuves. L'hypothèse alternative choisie dans le logiciel est que la mesure 1 est supérieure à la mesure 2.

Tableau 11. *Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les temps entre 2D et 3D*

Mesure 1	Temps 2D Objet	Temps 2D Abstrait	Temps 2D total
Mesure 2	Temps 3D Objet	Temps 3D Abstrait	Temps 3D total
T	150.000	185.000	209.000
z	2.213	3.622	3.883
dl	19	19	19
p	<u>.014</u>	<u><.001</u>	<u><.001</u>

T = valeur statistique, dl = degré de liberté, p = seuil de signification

Les temps d'exécution des participants ont été comparés en condition 2D et 3D. Un test de la somme des rangs de Wilcoxon montre que la différence entre les deux conditions est significative dans les trois situations (T = 150.000, z = 2.213, p = .014 / T = 185.000, z = 3.622, p = <.001 / T = 209.000, z = 3.883, p = <.001). Nous avons rejeté l'hypothèse nulle et toléré l'hypothèse selon laquelle la mesure 1 était supérieure à la mesure 2. En moyenne, les participants mettent plus de temps pour exécuter la tâche en condition 3D qu'en 2D.

1.3 Hypothèse 3 : les items représentant des objets sont plus facilement identifiables que ceux représentant des formes abstraites.

Pour analyser nos résultats nous avons utilisé un test t de student en version non paramétrique en raison de l'absence de normalité dans la distribution de nos données soit un test de la somme des rangs de Wilcoxon. Le but de cette analyse est de mettre en évidence ou non une différence de résultats et de temps d'exécution selon la caractéristique de l'item utilisé (objet ou forme abstraite).

Les résultats concernant les scores sont repris dans le tableau 12 et illustrés par la figure 15, ceux concernant le temps d'exécution sont retranscrits dans le tableau 13.

Pour l'analyse des scores, l'hypothèse alternative choisie dans le logiciel est que la mesure 1 est supérieure à la mesure 2.

Figure 15. Comparaison des scores selon les caractéristiques de l'item d'après le test de la somme des rangs de Wilcoxon

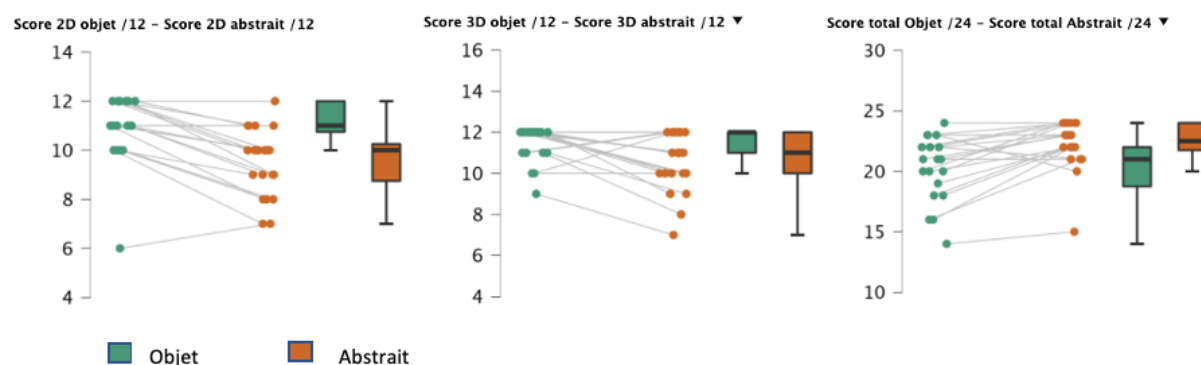


Tableau 12. Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les scores entre *Objet* et *Abstrait*

Mesure 1	Score 2D Objet	Score 3D Objet	Score Objet total
Mesure 2	Score 2D Abstrait	Score 3D Abstrait	Score Abstrait total
T	149.000	103.000	140.000
z	3.432	2.442	3.006
dl	19	19	19
p	<u><.001</u>	<u>.014</u>	<u>.003</u>

T = valeur statistique, dl = degré de liberté, p = seuil de signification

Les scores des participants ont été comparés en condition objet et abstrait. Un test de la somme de la somme des rangs de Wilcoxon montre que la différence entre les deux conditions est significative dans les trois situations ($T = 149.000$, $z = 3.432$, $p = <.001$ / $T = 103.000$, $z = 2.442$, $p = .014$ / $T = 140.000$, $z = 3.006$, $p = .003$). Nous avons rejeté l'hypothèse nulle et toléré l'hypothèse selon laquelle la mesure 1 était mieux réussie que la mesure 2. En moyenne, les participants réussissent mieux en condition *Objet* qu'en *Abstrait*.

Pour les temps d'exécution, l'hypothèse alternative choisie dans le logiciel est qu'il y avait une différence entre la mesure 1 et la mesure 2.

Tableau 13. Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les temps d'exécution entre Objet et Abstrait

Mesure 1	Temps 2D Objet	Temps 3D Objet	Temps Objet total
Mesure 2	Temps 2D Abstrait	Temps 3D Abstrait	Temps Abstrait total
T	50.500	102.000	132.000
z	-0.905	0.719	1.008
dl	19	19	19
p	.379	.486	.322

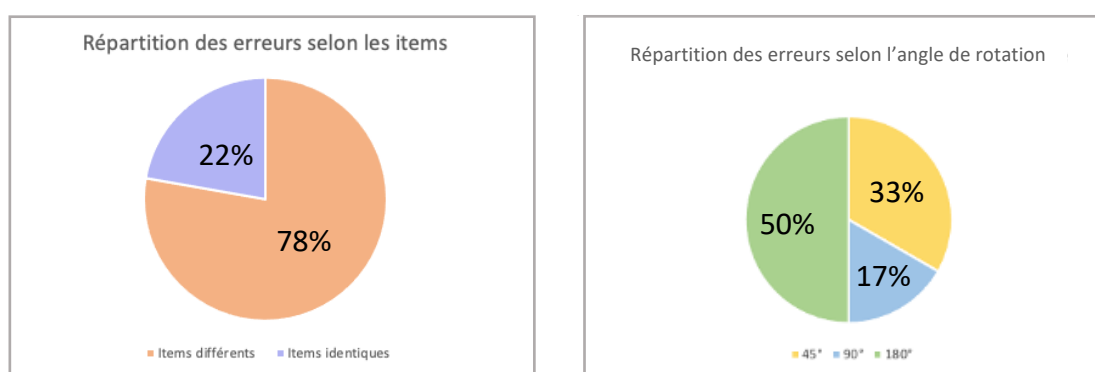
T = valeur statistique, dl = degré de liberté, p = seuil de signification

Les temps d'exécution des participants ont été comparés en condition objet et abstrait. Le test de la somme des rangs de Wilcoxon montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les temps car la probabilité est supérieure à 0.05. En moyenne, les participants ne mettent pas plus de temps pour exécuter la tâche dans une condition plutôt que dans une autre.

2 Analyse qualitative

2.1 Répartition des erreurs à la sous-épreuve 2D Objet

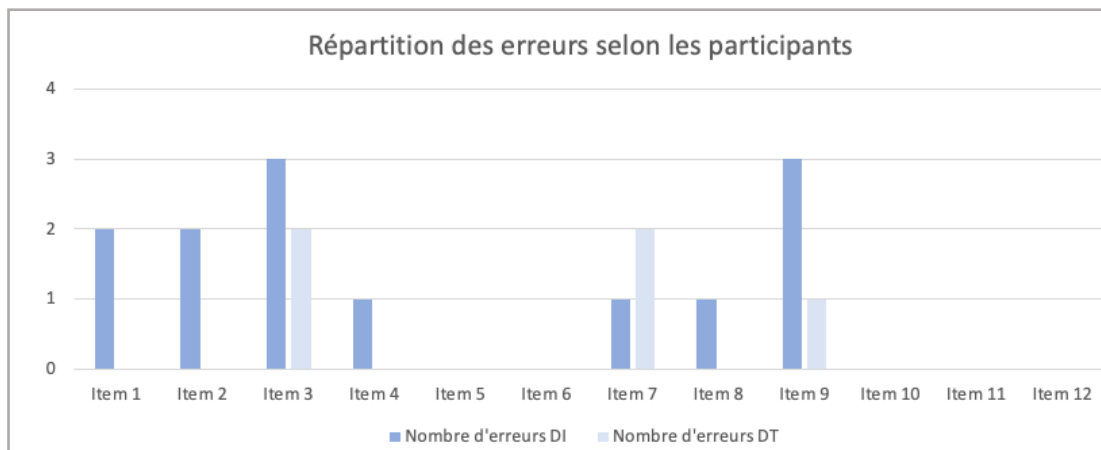
Figure 16. Répartition en pourcentage des erreurs à l'épreuve 2D Objet.



18 erreurs ont été commises lors de la passation de cette épreuve, comprenant 12 items, par l'ensemble des participants. Parmi ces erreurs, nous comptabilisons 14 erreurs d'identification d'items différents (78%), c'est-à-dire que les participants commettent l'erreur

de désigner les items comme étant identiques lorsqu'ils ne le sont pas. Inversement, seulement 4 erreurs concernent des items identiques identifiés comme différents (22%). Comme illustré par le second graphique (figure 16), la moitié des erreurs, soit 9 erreurs sur 18, concerne une rotation de l'ordre de 180° (50%), 33% une rotation de 45° et 17% une rotation de 90° .

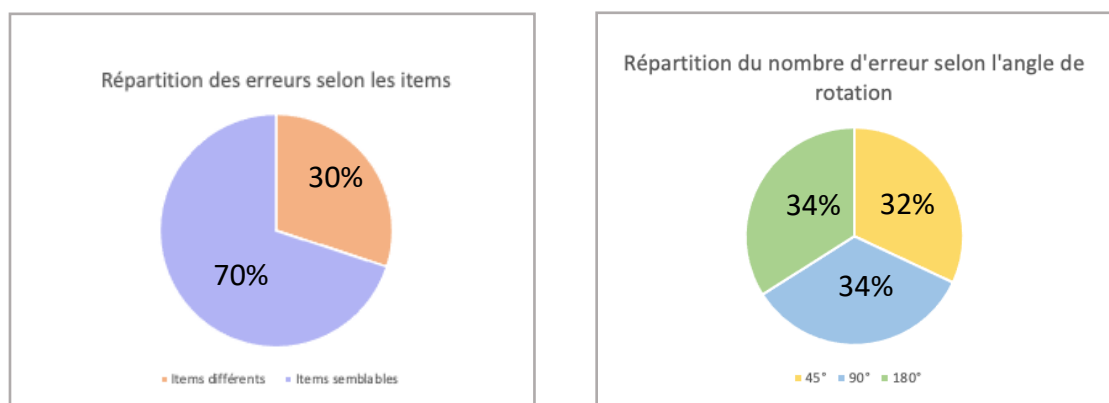
Figure 17. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 2D Objet.



Concernant la répartition des erreurs selon les participants (EDI et EDT), 3 items sur les 7 comportant des erreurs chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle, comportent également des erreurs chez les enfants en développement typique : ce sont les items 3, 7 et 9.

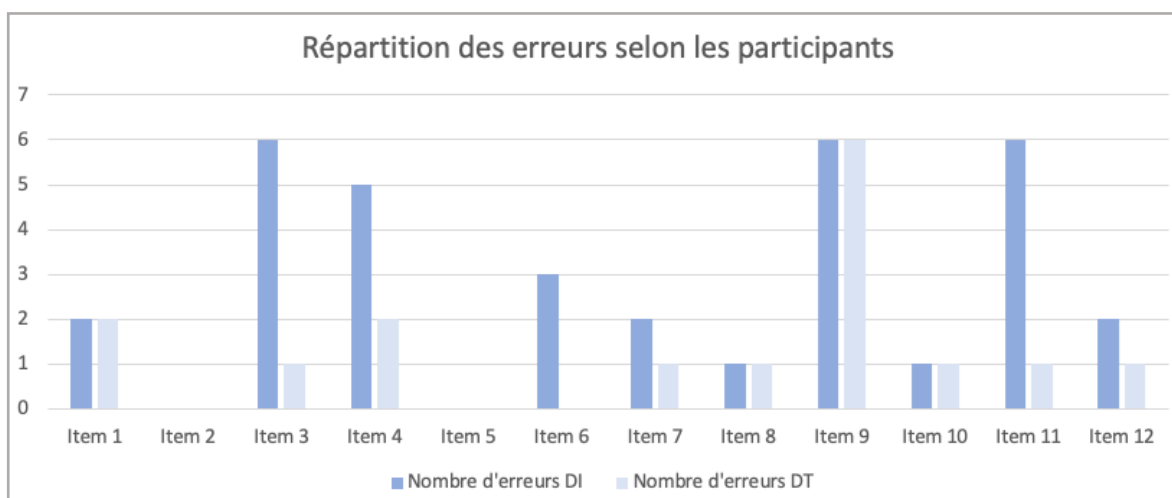
2.2 Répartition des erreurs à la sous-épreuve 2D Abstrait

Figure 18. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 2D Abstrait.



A cette épreuve, 50 erreurs sont commises au total sur 12 items réalisés chacun par 20 enfants. Parmi ces erreurs, nous comptabilisons 15 erreurs d'identification d'items différents (70%), c'est-à-dire que les participants commettent l'erreur de désigner les items comme étant identiques lorsqu'ils ne le sont pas. Inversement, seulement 15 erreurs concernent des items identiques identifiés comme différent (30%). Comme illustré par le second graphique (figure 18), presque un tiers des erreurs, soit 17 erreurs sur 50, concerne une rotation de l'ordre de 180° (34%), 32% une rotation de 45° et 34% une rotation de 90°.

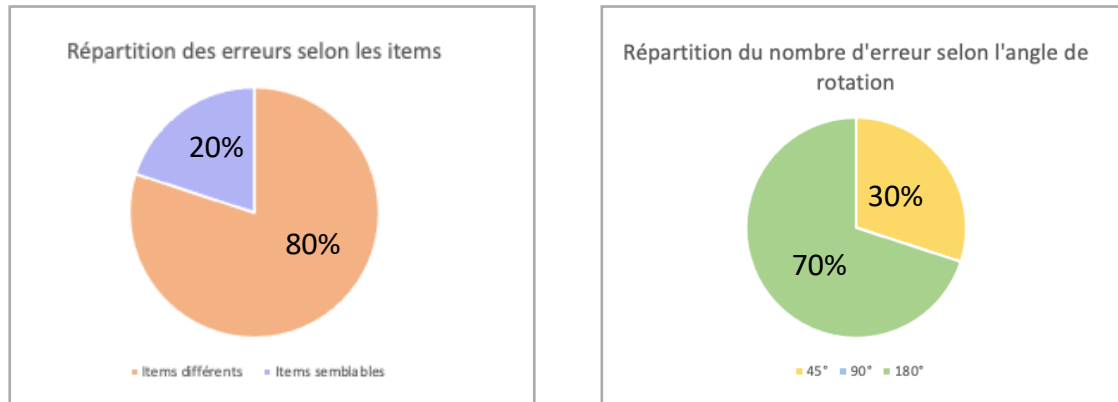
Figure 19. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 2D Abstrait.



Concernant la répartition des erreurs selon les participants (EDI et EDT), la quasi-totalité des items comportant des erreurs sont communs entre les deux catégories de participants. Seul les EDI commettent des erreurs à l'item 6. Nous pouvons également remarquer que l'item 3 et l'item 11 comportent significativement plus d'erreurs chez les EDI (6 erreurs) que chez les EDT (2 et 1 erreur).

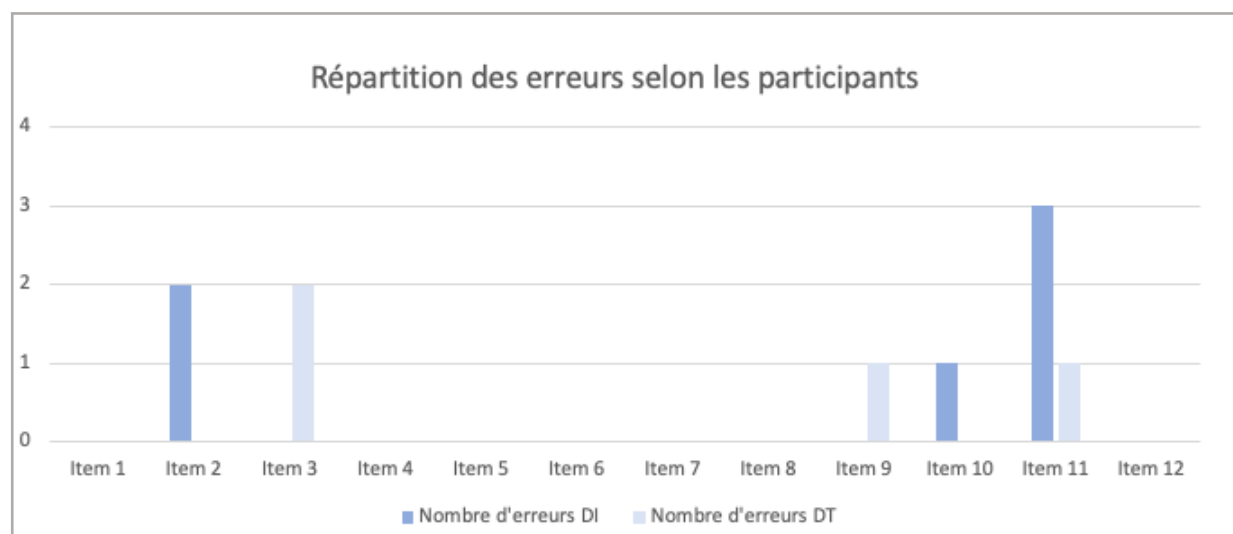
2.3 Répartition des erreurs à la sous-épreuve 3D Objet

Figure 20. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 3D Objet.



Lors de cette sous-épreuve, 10 erreurs sont commises au total sur 12 items réalisés chacun par 20 enfants. Parmi ces erreurs, nous comptabilisons 2 erreurs d'identification d'items différents (20%), c'est-à-dire que les participants commettent l'erreur de désigner les items comme étant identiques lorsqu'ils ne le sont pas. Inversement, 8 erreurs concernent des items identiques identifiés comme différent (80%). Comme illustré par le second graphique (figure 20), 7 erreurs sur 10, concernent une rotation de l'ordre de 180° (70%), 30% une rotation de 45° et aucune erreur n'est commise pour les rotations de 90°.

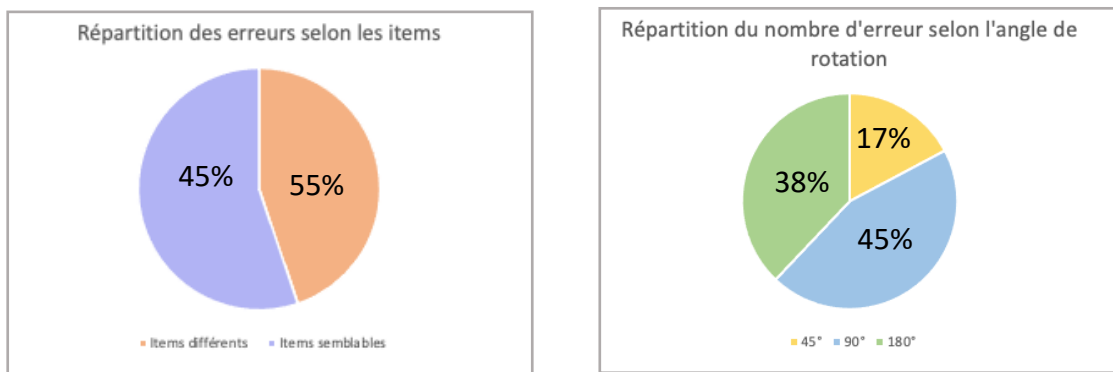
Figure 21. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 3D Objet.



Concernant la répartition des erreurs selon les participants (EDI et EDT), 3 items comportent des erreurs chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle, 3 également chez les enfants en développement typique. Parmi ces items erronés, l'item 11 est en commun entre les deux populations : 3 EDI ont commis une erreur à cet item et seulement 1 EDT l'a commise.

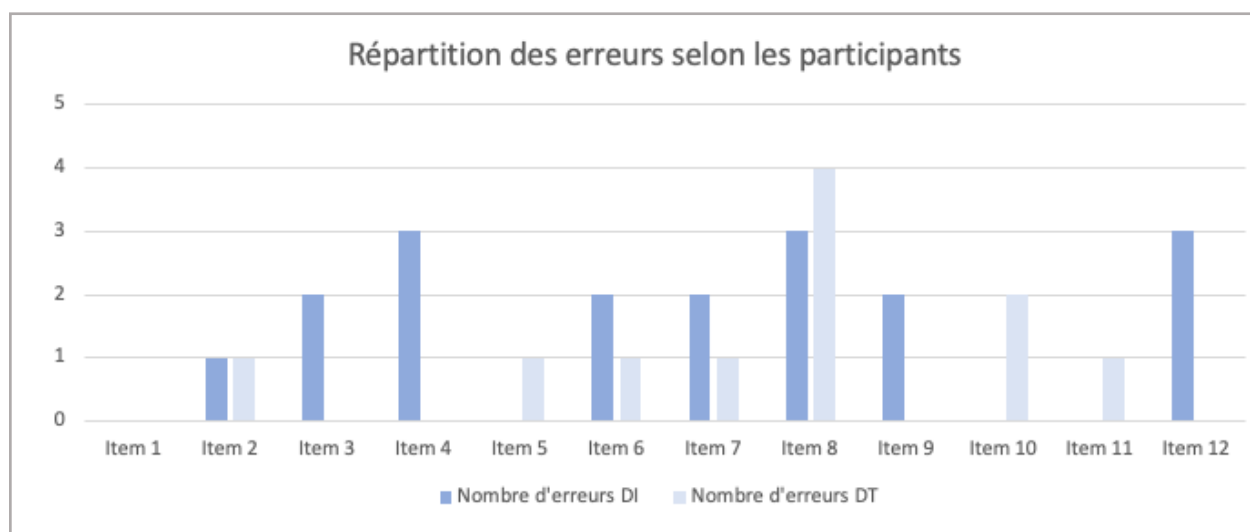
2.4 Répartition des erreurs à la sous-épreuve 3D Abstrait

Figure 22. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 3D Abstrait.



Lors de la passation de cette sous-épreuve, 29 erreurs sont commises au total sur 12 items réalisés chacun par 20 enfants. Parmi ces erreurs, nous comptabilisons 13 erreurs d'identification d'items différents (45%), c'est-à-dire que les participants commettent l'erreur de désigner les items comme étant identiques lorsqu'ils ne le sont pas. Inversement, 16 erreurs concernent des items identiques identifiés comme différent (55%). Comme illustré par le second graphique (figure 22), 11 erreurs sur 29, concernent une rotation de l'ordre de 180° (38%), 17% une rotation de 45° et 45% une rotation de 90°.

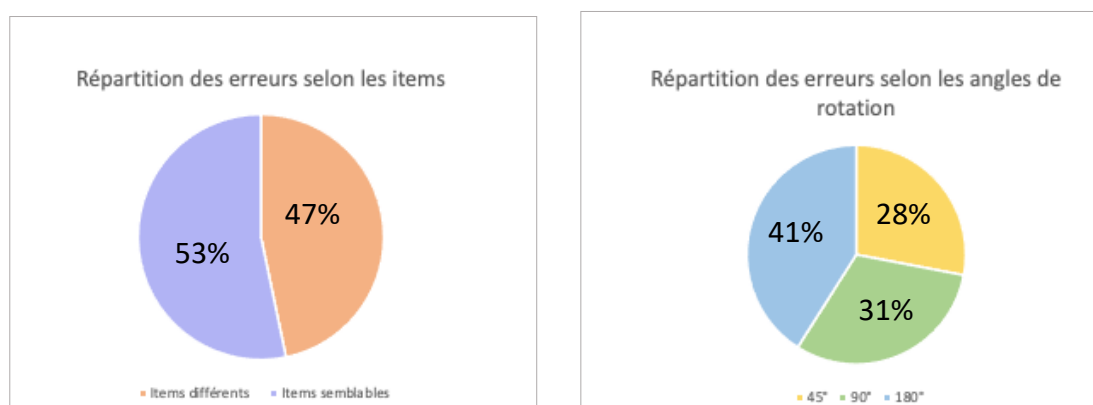
Figure 23. Répartition des erreurs en pourcentage selon les participants à la sous-épreuve 3D Abstrait.



Concernant la répartition des erreurs selon les participants (EDI et EDT), 8 items comportent des erreurs chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle, 8 également chez les enfants en développement typique dont 4 en commun entre les deux populations (item 2, 6, 7 et 8).

2.5 Répartition globale des erreurs

Figure 24. Répartition des erreurs totales

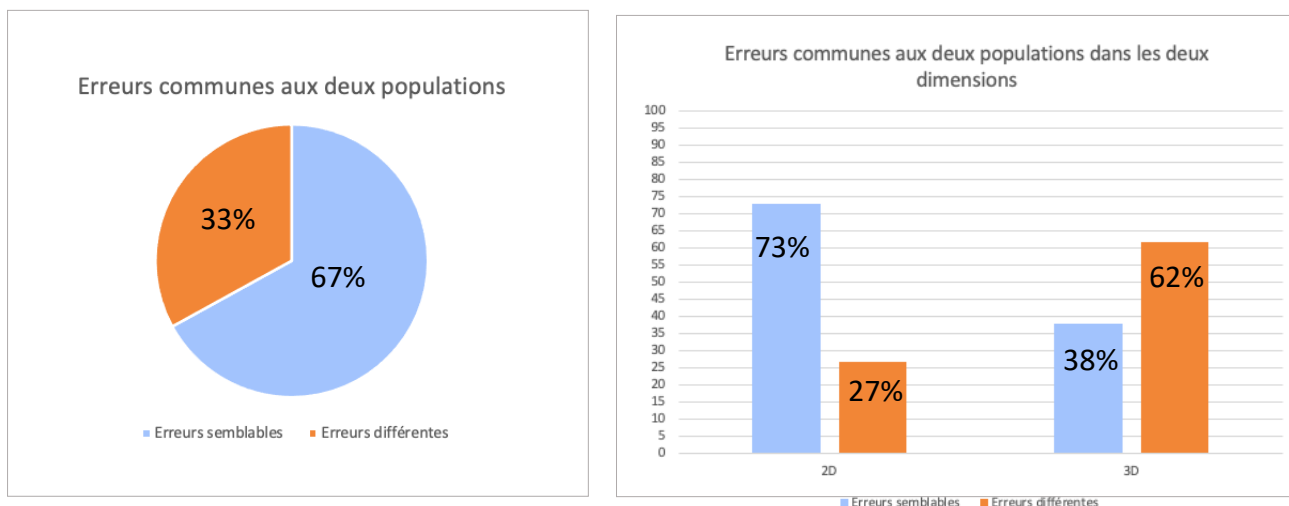


Ces deux graphiques montrent que les répartitions des erreurs selon l'item, c'est-à-dire une mauvaise identification des items qui sont différents et des items qui sont semblables, et selon les angles de rotation sont à peu près équivalentes. 53% des erreurs concernent des

items différents et 47% des items semblables. 41% des erreurs sont commises lorsque la rotation était de 180°, 31% lorsqu'elle était de l'ordre de 90° et enfin 28% lorsqu'elle était de 45°.

2.6 Erreurs semblables entre les EDI et EDT

Figure 25. Répartition des erreurs communes aux deux populations



Parmi toutes les erreurs comptabilisées dans l'épreuve (107 erreurs au total), 67% ont été commises dans les deux populations. Le deuxième graphique indique que dans la condition 2D 73% des erreurs sont communes aux enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère et aux enfants en développement typique et que dans la condition 3D, seulement 38% des erreurs sont communes aux deux populations.

DISCUSSION

Dans cette discussion, nous allons tout d'abord confronter nos résultats statistiques avec nos hypothèses en faisant des liens avec les données issues de la littérature. Puis nous aborderons les limites de notre étude et les modifications qu'il serait judicieux d'y apporter afin de l'approfondir.

La présente recherche part du constat d'un manque de littérature sur le sujet de la rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle. En effet, de nombreuses études ont été faites chez le sujet en développement typique et quelques études seulement ont porté sur des syndromes en particulier, notamment le syndrome de Down et le syndrome de Williams (Broadbent et al., 2014 ; Doerr, et al. 2021 ; Hinnell et al., 2004 ; Meneghetti et al., 2018). L'objectif de ce mémoire, découlant de ces constations, était donc d'investiguer les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle (EDI) en les comparant à celles des enfants en développement typique (EDT).

Plus précisément, nous nous sommes demandé si les enfants porteurs d'une DI avaient des capacités de rotation mentale inférieures aux EDT tant au niveau de la précision que du temps d'exécution. Ensuite, nous nous sommes interrogés sur l'impact de certains paramètres sur l'exécution de la tâche et notamment la dimension et la nature de l'item. Pour analyser cela nous réalisé des tests comprenant des items en deux et trois dimensions représentant des objets et des formes abstraites.

1 Synthèse des résultats et discussion

1.1 Les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle et celles des enfants ayant un développement typique

Pour rappel, notre première hypothèse était la suivante : **les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère présentent des capacités de rotation mentale inférieures à celles des enfants tout-venant tant au niveau du score que du temps d'exécution de la tâche de rotation mentale.**

Cette hypothèse avait été posée sur base des données issues de la littérature scientifique selon lesquelles un enfant présentant une DI a des résultats plus faibles que les enfants ayant développement typique à une tâche de rotation mentale (Hinnell et al., 2004 ; Meneghetti et al., 2018).

Les résultats des analyses statistiques mettent en évidence une différence significative entre les performances des EDI et des EDT mais uniquement pour les deux sous-épreuves dans lesquelles la rotation mentale se fait dans un espace en deux dimensions.

En effet, les EDT obtiennent alors un meilleur score que les EDI. Cela confirme en partie seulement la littérature qui ne prend pas en compte les dimensions dans lesquelles est réalisée la tâche de rotation mentale et estime de manière générale que les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle sont moins précis. Or, nous avons remarqué que dans nos analyses cela était confirmé lorsque les rotations mentales étaient réalisées dans un espace bidimensionnel. Un autre résultat de la littérature n'est pas confirmé par nos résultats. En effet, Beste et al. (2010) ont montré que les individus ayant de faibles capacités spatiales ont un niveau plus faible dans la réalisation d'une tâche comportant des stimuli inconnus. Cette différence n'est pas mise en évidence dans nos résultats statistiques.

Au niveau du temps d'exécution de la tâche, les résultats des analyses statistiques ont montré que les EDI mettent significativement plus de temps pour réaliser la tâche de rotation mentale que les EDT et ce pour toutes les sous-épreuves et dans les deux dimensions. Ce résultat est quelque peu interpellant compte tenu des résultats issus de la littérature. Hinnell et al. (2004) estiment que les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle ne mettent pas plus de temps pour exécuter une tâche de rotation mentale.

Il ne semble pas étonnant que nos résultats diffèrent de ceux obtenus par Hinnell et al., en 2014 puisque dans leur étude les sujets avaient un âge mental de 8 ans en moyenne et un âge chronologique de 30 ans en moyenne pour la population porteuse d'une DI. Dans notre étude, les sujets avaient un âge mental moyen compris entre 5 ans et 3 mois et 5 ans et 8 mois et un âge chronologique compris entre 6 et 12 ans.

Un résultat issu de la littérature rejoint nos observations, Hinnell et al. (2004) ont montré que les EDI ne répondaient pas au hasard même lorsque l'angle de rotation était grand, de l'ordre de 180°. Nous avons choisi de demander aux enfants de justifier leurs réponses afin d'éviter le hasard et les enfants porteurs de déficience intellectuelle parvenaient bien à

identifier les différences ce qui prouve qu'ils ne répondent pas à l'aide du hasard et cela rejoint les observations de l'étude de Hinnell et al. (2004).

Bien que les performances soient inférieures chez les EDI par rapport aux EDT, les erreurs commises sur la totalité des items comportent 67% d'erreurs communes aux deux populations ce qui indique que les erreurs sont majoritairement les mêmes mais qu'elles sont plus nombreuses chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle. Si on regarde les erreurs commises en condition 2D, condition selon laquelle les EDI sont significativement moins performants que les EDT, 73% sont communes aux deux populations.

1.2 La rotation mentale en condition 2D et 3D

Notre deuxième recherche visait la comparaison des résultats selon différentes organisations de l'espace à savoir la condition bidimensionnelle et la condition tridimensionnelle. Sur base des résultats issus de recherche scientifique (Decker & Lejeune, 1994), nous avons émis l'hypothèse suivante : **Les items représentant des éléments en trois dimensions sont mieux identifiés que ceux en deux dimensions.**

Les résultats des analyses statistiques mettent en évidence une différence significative entre les performances selon les dimensions et cela indépendamment des caractéristiques de l'item. En effet, les sous-épreuves où les items sont présentés dans un espace en trois dimensions sont mieux réussis que ceux présentés dans un espace en deux dimensions que l'item soit la représentation d'un objet ou la représentation d'une forme abstraite.

De plus, les analyses concernant les temps d'exécution montrent que les sous-épreuves dans une condition bidimensionnelle ont un temps de réponse plus long que pour les sous-épreuves dans une condition tridimensionnelle.

Les résultats obtenus vont dans le sens de la littérature et confirment notre hypothèse selon laquelle les éléments en trois dimensions sont mieux reconnus que ceux en deux dimensions.

1.3 La rotation mentale avec des items représentant des objets et des items représentant des formes abstraites`

Notre troisième recherche visait la comparaison des résultats selon les différentes caractéristiques de l'item à savoir si ce dernier représentait un objet ou bien une forme abstraite. Sur base des résultats issus de la littérature scientifique (Fayasse & Comblain, 1992),

nous avons émis l'hypothèse suivante : **les items représentant des objets sont plus facilement identifiables que ceux représentant des formes abstraites.**

Les analyses statistiques réalisées ont permis de confirmer notre hypothèse. Selon ces dernières, il existe bien une différence significative entre les résultats des sous-épreuves comprenant des items objets et ceux des sous-épreuves comprenant des formes abstraites. Les sous-épreuves avec des objets sont mieux réussies que celles avec des formes abstraites et leur temps d'exécution est moins long.

Ces observations corroborent celles exposées dans la littérature scientifique.

1.4 Résultats complémentaires

Certains résultats qualitatifs sont intéressants mais ne rentrent pas dans les hypothèses posées. Pour rappel, les réponses possibles pour notre épreuve étaient « pareil » ou « différent ». Les erreurs possibles étaient donc d'identifier des items identiques lorsqu'ils ne l'étaient pas et, inversement, d'identifier des items comme étant différents lorsqu'ils étaient identiques. En analysant le pourcentage des erreurs dans ces items, nous pouvons remarquer qu'il est à peu près égal pour chaque type d'erreur ce qui signifie qu'une condition n'est pas plus facile qu'une autre.

Les différences selon l'angle de rotation ont également été analysées de manière qualitatives. Une rotation de l'ordre de 180° est celle qui entraîne le plus d'erreurs, 41% des erreurs commises au total concernent ce degré de rotation. En revanche, pour la rotation de 90° et celle de 45°, les pourcentages d'erreurs se rejoignent (31% pour la première et 28% pour la deuxième). Cela montre qu'une rotation de 180° est plus difficile à réaliser qu'une de 90° ou de 45°. Ce résultat pourrait être mis en lien avec ceux de Shepard et Metzler (1971) qui admettent que le temps de réponse à une tâche de rotation mentale est corrélé avec l'angle de rotation : plus l'angle est grand, plus le temps d'exécution sera long. En revanche ils n'évoquent pas la précision de la réponse qui est au centre de nos observations.

2 Limites

Bien que notre étude apporte des résultats complémentaires à celles issues de la littérature scientifique, elle n'est pas dépourvue de faiblesses méthodologiques ayant pu influencer les résultats. Ces faiblesses concernent l'échantillon de participants et la passation de l'épreuve. La principale limite relevée parmi le recrutement est probablement la petite taille de notre échantillon qui nous fait douter de sa représentativité de la population générale. En effet la déficience intellectuelle n'est présente que chez 1% de la population (Maulik et al., (2011), et notre population cible étant les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère, cela réduit considérablement notre champ de recrutement.

En outre, concernant la constitution de notre échantillon, il aurait été intéressant de sélectionner les sujets en contrôlant le niveau socio-économique. En effet ce dernier a un impact sur le développement de l'enfant et donc les résultats peuvent en être entachés (Peyre et al., 2016). Pour contrôler cette limite nous aurions pu prendre en compte les professions des parents ou bien calculer le taux de chômage dans la région comme cela a été fait dans l'étude de Fluss et ses collaborateurs (2009).

Le recrutement des participants du groupe expérimental s'est fait parmi les élèves inscrits en classe de type 2 (classe d'élèves présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère). Il aurait sûrement été judicieux de demander si l'enfant avait passé un test QI et quel avait été son score avec de s'assurer de la sévérité de son trouble.

Il aurait également été intéressant de prendre en compte la différence de performance entre les sexes. En effet, les hommes sont meilleurs dans une tâche d'habileté spatiale que les femmes. Cependant les auteurs ont des avis divergents en ce qui concerne la rotation mentale (Frick et al., 2013 ; Constantinescu et al., 2017). Pour ce faire, nous aurions pu équilibrer le ratio fille/garçon et ce pour le groupe expérimental et le groupe contrôle.

Concernant la passation de l'épreuve, nous pouvons nous interroger sur l'homogénéité des conditions de passation. Certains enfants ont réalisé la tâche au sein de l'école et d'autres à domicile. Dans le premier cas, l'école spécialisée ne disposant pas de local libre nous avons réalisé la passation de l'épreuve dans le réfectoire dans lequel l'attention pouvait être perturbée en raison de nombreux passages de professionnels ou d'élèves bien qu'une séparation ait été installée. Dans le second cas, bien qu'il fût spécifié que le testing devait se

réaliser dans un endroit sans distraction, les passations à domicile ont pu être perturbées par la présence des parents ou de la fratrie. Pour favoriser l'homogénéité des résultats, il aurait fallu faire passer tous les tests au même endroit en veillant à ce que le local soit propice à ce que la passation se fasse dans les meilleures conditions.

Une autre des limites de l'épreuve en elle-même est un effet d'ordre. En effet, dans cette recherche, les participants ont passé la condition de rotation mentale en deux dimensions avant la condition tridimensionnelle. Les enfants ont donc pu avoir du mal à inhiber la stratégie employée dans la rotation précédente ou bien avoir un effet de l'entraînement et de ce fait mieux réussir les dernières sous-épreuves puisque l'entraînement peut améliorer les capacités de rotation mentale (Dubrowski et al., 2010). Pour pallier cette limite, nous aurions pu faire deux groupes qui auraient passé les conditions dans des ordres différents ou bien faire une tâche complètement différente entre les deux dimensions.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Par ce travail, nous voulions investiguer les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère. Cette étude nous a permis de comparer les capacités de rotation mentale d'enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère avec celles d'enfants en développement typique. Pour ce faire nous avons créé puis fait passer une épreuve de rotation mentale qui ciblait particulièrement la rotation mentale dans différentes dimensions (2D et 3D) et avec différents items (objet ou abstrait). Les résultats obtenus démontrent que les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère sont moins performants que les enfants tout-venant pour des tâches de rotation mentale en 2 dimensions et que leur temps de réponse est plus long quelle que soit les conditions de la tâche de rotation mentale. Ces analyses ont également mis en avant une performance plus faible dans la condition en 2 dimensions par rapport à celle en 3 dimensions et lorsque l'item était une forme abstraite en comparaison à un objet pour les deux populations. Ces conclusions précisent ou confirment certaines données issues de la littérature et en contredisent d'autres.

Certaines observations faites durant cette étude nous amènent à penser certaines perspectives de recherches qui peuvent être pertinentes afin d'apporter des précisions quant aux différences entre les EDI et les EDT notamment une étude sur les angles de rotation afin de mettre en évidence ou non une corrélation entre les performances et les temps de réponse.

Sur le même principe, une exploration de l'impact de la réponse attendue afin de savoir si les performances sont différentes quand on doit trouver que les items sont identiques et quand on doit relever qu'ils sont différents.

Il serait également pertinent de s'intéresser aux stratégies de raisonnement. En effet, les performances peuvent être différentes pour plusieurs raisons, par exemple comme ici en lien avec des capacités cognitives différentes entre le groupe expérimental (EDI) et le groupe contrôle (EDT), mais cela peut aussi être dû à des stratégies de raisonnement différentes qui ne sont pas aussi efficaces l'une que l'autre. Nous savons qu'il existe différentes stratégies pour réaliser une rotation mentale (Jansen-Osmann & Heil, 2007 ; Hoyek et al., 2010). Pour

faire cette étude, il faudrait recruter des participants capables d'expliquer comment ils sont parvenus à donner cette réponse. A l'aide de la présentation des formes de raisonnement que l'on connaît parmi lesquelles ils devraient choisir celle qu'ils ont utilisée.

L'investigation de la navigation spatiale peut également être intéressante. En effet elle compose, avec la rotation mentale, la cognition spatiale (Wraga, 2005). Cela permettrait d'affiner les résultats et de mettre en avant des difficultés globales en cognition spatiale pour les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère ou bien uniquement des difficultés pour certaines composantes.

BIBLIOGRAPHIE

American Association Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD). (2010). Definition, Classification, and Systems of Supports. *AAIDD Definition Manuel*, 11.

American Psychiatric Association (2013). *DSM-V, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5ème édition.

Asic, T. (2004). *La représentation cognitive du temps et de l'espace : étude pragmatique des données linguistiques en français et dans d'autres langues* [Doctoral dissertation, University of Geneva]. HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr>

Asic, T., & Stanojevic, V. (2013). L'expression du temps à travers l'espace : présentation. *Langue française* 179, 3-12.

Asic, T., & Stanojevic, V. (2013). L'expression du temps à travers l'espace : entités, relations et formes. *Langue française* 179, 29-48.

Band, G.P.H., & Kok, A. (2000). Age effects on response monitoring in a mental-rotation task. *Biological Psychology*, 51, 201–221.

Barnes, J., Howard, R. J., Senior, C., Brammer, M., Bullmore, E. T., Simmons, A., ... & David, A. S. (2000). Cortical activity during rotational and linear transformations. *Neuropsychologia*, 38(8), 1148-1156.

Beste, C., Heil, M., & Konrad, C. (2010). Individual differences in ERPs during mental rotation of characters: lateralization, and performance level. *Brain and cognition*, 72(2), 238-243.

Boulanger, J. (2016). Les troubles associés à la déficience intellectuelle. *Empan*, (4), 31-37.

Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2018). *Dictionnaire d'orthophonie*. Ortho-édition.

Broadbent, H. J., Farran, E. K., & Tolmie, A. (2014). Object-based mental rotation and visual perspective-taking in typical development and Williams syndrome. *Developmental Neuropsychology*, 39(3), 205-225.

Buntinx, W., Cans, C., Colleaux, L., Courbois, Y., Debbané, M., Des Portes, V., Detraux, J.-J., Facon, B., Haelewyck, M.-C., Héron, D., Petitpierre, G., & Plaisance, E. (2016). Définitions, repérage et diagnostic de la déficience intellectuelle. In Inserm, *Déficiences intellectuelles* (pp 107-315). EDP Sciences.

Chan, J., & Iacono, T. (2001). Gesture and word production in children with Down syndrome. *Augmentative and Alternative Communication*, 17(2), 73-87.

Channell, M. M., Thurman, A. J., Kover, S. T., & Abbeduto, L. (2014). Patterns of change in nonverbal cognition in adolescents with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 35, 2933-2941. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.07.014>

Chapuis, É. (2018). La longue histoire du QI. *Psychologie Clinique*, 46(2), 20-34.

Clark, E. V. (1998). Lexique et syntaxe dans l'acquisition du français. *Langue Française*, 118, 49–60. <https://doi.org/10.3406/lfr.1998.6250>

Clérebaut, N. (2005). Quelle communication précoce chez l'enfant déficient intellectuel?. *Contraste*, 2223(1), 133-148.

Cohen, M.S., Kosslyn, S.M., Breiter, H.C., DiGirolamo, G.J., Thompson, W.L., Anderson, A.K., Bookheimer, S.Y., Rosen, B.R., & Belliveau, J.W. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation. A mapping study using functional MRI. *Brain*, 119, 89–100.

Constantinescu, M., Moore, D. S., Johnson, S. P., & Hines, M. (2018). Early contributions to infants' mental rotation abilities. *Developmental Science*, 21(4), e12613.

Comblain, A., & Elbouz, M. (2002). The fragile X syndrome : what about the deficit in the pragmatic component of language ? *Journal of cognitive education and psychology*, 2, 29-58.

Comblain, A., & Elbouz, M. (2005). Apprentissage lexical et généralisation chez les enfants retardés mentaux. *Didactique du lexique : langue, cognition, discours*.

Comblain, A., & Thibaut, J. P. (2009). Approche neuropsychologique du syndrome de Down. *Traité de neuropsychologie de l'enfant*, 491-524.

Comblain, A. (2019). *Psychologie du handicap et notions de psychopathologie associées*. Recueil inédit, Université de Liège.

Costanzo, F., Varuzza, C., Menghini, D., Addona, F., Giancesini, T., & Vicari, S. (2013). Executive functions in intellectual disabilities: A comparison between Williams syndrome and Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 34(5), 1770–1780. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.01.024>

Courbois, Y. (2000). The role of stimulus axis salience in children's ability to mentally rotate unfamiliar figures. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12(2), 261-269.

Courbois, Y. (2016). Approches cognitives et développementales. *Inserm. Déficiences intellectuelles*. EDP Sciences.

Danielsson, H., Henry, L., Messer, D., & Rönnerberg, J. (2012). Strengths and weaknesses in executive functioning in children with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 600–607. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.11.004>

De Boysson-Bardies, B. (1996). *Comment la parole vient aux enfants: de la naissance jusqu'à deux ans*. Paris : Odile Jacob.

Dégeilh, F., Eustache, F., & Guillery-Girard, B. (2015). Le développement cognitif et cérébral de la mémoire : de l'enfance à l'âge adulte. *Biologie aujourd'hui*, 209(3), 249–260. <https://doi.org/10.1051/jbio/2015026>

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135.

Dionne, C., Langevin, J., Paour, J.L., Rocque, S., 1999. Le retard de développement intellectuel. Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent: approche intégrative. Gaétan Morin, Montréal.

Doerr, E. M., Carretti, B., Toffalini, E., Lanfranchi, S., & Meneghetti, C. (2021). Developmental Trajectories in Spatial Visualization and Mental Rotation in Individuals with Down Syndrome. *Brain Sciences*, 11(5), 610.

Ellison, J. W., Rosenfeld, J. A., & Shaffer, L. G. (2013). Genetic basis of intellectual disability. *Annual review of medicine*, 64, 441-450.

Eslinger, P. J., & Grattan, L. M. (1993). Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31(1), 17-28.

Farran, E. K., Jarrold, C., & Gathercole, S. E. (2001). Block design performance in the Williams syndrome phenotype: A problem with mental imagery? *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 42(6), 719–728. doi:10.1111/1469- 7610.00768

Fayasse, M., Comblain, A., & Rondal, J. A. (1992). Compréhension et production des prépositions spatiales topologiques et projectives chez les sujets handicapés mentaux modérés. *Revue Francophone de La Déficience Intellectuelle*, 3, 91–116.

Fayasse, M., & Thibaut, J. P. (2003). Les troubles visuo-constructifs dans le syndrome de Williams. *L'année psychologique*, 103, 695-727.

Fink, K. (2000). La mémoire et sa relation au temps et à l'espace. *Revue française de psychanalyse* 64, 57-66.

Fluss, J., Bertrand, D., Ziegler, J., & Billard, C. (2009). Troubles d'apprentissage de la lecture: rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques. *Développements*, (1), 21-33.

Fodor, J. A., & Gerschenfeld, A. (1986). *La modularité de l'esprit: essai sur la physiologie des facultés*. Les éditions de minuit.

Frick, A., Daum, M., Walser, S. & Mast, F. (2009). Motor Processes in Children's Mental Rotation. *Journal of cognition and development*, 10, 18-40. Doi: 10.1080/15248370902966719

Girolametto, L., Weitzman, E., & Clements-Baartman, J. (1998). Vocabulary intervention for children with Down syndrome: Parent training using focused stimulation. *Infant-Toddler Intervention: The Transdisciplinary Journal*, 8(2), 109-25

Groussier, M. L. (1997). Prépositions et primauté du spatial : de l'expression de relations dans l'espace à l'expression de relations non-spatiales. *Faits de langue*, 9, 221-234.

Hansenne, M. (2017). *Psychologie différentielle : intelligence*. Recueil inédit, Université de Liège.

Heil, M. (2002). The functional significance of ERP effects during mental rotation. *Psychophysiology*, 39(5), 535-545.

Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32(2), 175-191.

Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure?. *Psychonomic bulletin & review*, 25(3), 1212-1219.

Hespos, S. J., & Rochat, P. (1997). Dynamic mental representation in infancy. *Cognition*, 64(2), 153-188.

Hinnell, C., & Virji-Babul, N. (2004). Mental rotation abilities in individuals with Down syndrome-a pilot study. *Downs Syndrome Research and Practice*, 9(1), 12-16.

Hoyek, N., Collet, C., & Guillot, A. (2010). Représentation mentale et processus moteur : le cas de la rotation mentale. *Science & Motricité*, (71), 29-39.

Huttenlocher, J. & Presson, C. (1973). Mental rotation and the Perspective Problem. *Cognitive Psychology*, 4, 277-299.

Hyde, D. C., Winkler-Rhoades, N., Lee, S. A., Izard, V., Shapiro, K., & Spelke, E. (2011). Spatial and numerical abilities without a complete natural language. *Neuropsychologia*, 49, 924-936. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.017>

Jacob, C., Rainville, C., Trognon, A., & Rivasseau-Jonveaux, T. (2018). Navigation spatiale: quels enjeux pour la neuropsychologie?. *Revue de neuropsychologie*, 10(2), 150-158.

Jacobson, J. W., Mulick, J. A., & Rojahn, J. (Eds.). (2007). Handbook of intellectual and developmental disabilities.

Jansen-Osmann, P., & Heil, M. (2007). Developmental aspects of parietal hemispheric asymmetry during mental rotation. *Neuroreport*, 18, 175–178.

Kail, R., & Park, Y. S. (1990). Impact of practice on speed of mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 227–244.

Khooshabeh, P., Hegarty, M., & Shipley, T. (2012). Individual differences in Mental Rotation. *Experimental Psychology*, 60(3), 164-171. Doi : 10.1027/1618-3169/a000184

Kucian, K., von Aster, M., Loenneker, T., Dietrich, T., Mast, F.W., & Martin, E. (2007). Brain activation during mental rotation in school children and adults. *Journal of Neural Transmission*, 114, 675-686.

Kosslyn, S.M., Thompson, W.L., Wraga, M., & Alpert, N.A. (2001). Imagining rotation by endogenous versus exogenous forces: Distinct neural mechanisms. *NeuroReport*, 12, 2519–2525.

Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Ganis, G. (2006). *The case for mental imagery*. New York: Oxford University Press.

Lambert, J. L., & von Kaenel, B. (1984). Étude de la communication référentielle chez des enfants handicapés mentaux. *Enfance*, 37(1), 41-50.

Lamm, C., Windischberger, C., Moser, E., & Bauer, H. (2007). The functional role of dorso-lateral premotor cortex during mental rotation. An event-related fMRI study separating cognitive processing steps using a novel task paradigm. *NeuroImage*, 36, 1374–1386.

Lejeune, M., & Decker, C. (1994). Capacités de rotation mentale dans un espace bi-et tri-dimensionnel chez des enfants de six à dix ans. *L'année psychologique*, 94(1), 45-62.

Lombardi, G., Garofoli, F., & Stronati, M. (2010). Congenital cytomegalovirus infection: treatment, sequelae and follow-up. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 23(sup3), 45-48.

Lussier, F., Chevrier, E., & Gascon, L. (2017). *Neuropsychologie de l'enfant et de l'adolescent. Troubles développementaux et de l'apprentissage (3è éd.)*. Dunod.

Maltese, F. (2013). *Effets d'une situation de comparaison sociale dans les différences liées au sexe en rotation mentale: Une étude avec des jumeaux dizygotes* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille).

Manly, T., Anderson, V., Nimmo-Smith, I., Turner, A., Watson, P., & Robertson, I. H. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(8), 1065-1081.

Marmor, G.S. (1975). Development of kinetic images: When does the child first represent movement in mental images? *Cognitive Psychology*, 7, 548–559.

Marmor, G. S. (1977). Mental rotation and number conservation: Are they related? *Developmental Psychology*, 13, 320-325. 10.1037/0012-1649.13.4.320

Maulik, P. K., Mascarenhas, M. N., Mathers, C. D., Dua, T., & Saxena, S. (2011). Prevalence of intellectual disability: a meta-analysis of population-based studies. *Research in developmental disabilities*, 32(2), 419-436.

Meneghetti, C., Toffalini, E., Carretti, E., & Lanfranchi, S. (2018). Mental rotation ability and every-day life spatial activities in individuals with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities* 72, 33-41.

Meulemans, T., Collette, F., & Van der Linden, M. (2004). *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Solal, Marseille, France.

Nader-Grosbois, N. (2014). *Développement cognitif et communicatif du jeune enfant: du normal au pathologique*. De Boeck Supérieur.

Nader-Grosbois, N. (2020). *Psychologie du handicap*. De Boeck Supérieur.

Newcombe, N., Uttal, D. & Sauter, M. (2012). Spatial Development. *Oxford Handbook of Developmental Psychology* (pp 564-590).

Perner, J. Kloo, D. & Rohwer, M. (2010). Retro- and prospection for mental time travel : Emergence of episodic remembering and mental rotation in 5- to 8-year old children. *Consciousness and Cognition*, 19, 802-815

Peyre, H., Bernard, B. Y., Hoertel, N., Forhan, A., Charles, M.-A., de Agostini, M., Heude, B., Ramus, F., & The Eden mother-child cohort study group. (2016). Differential effects of factors influencing cognitive development at the age of 5-to-6 years. *Cognitive development*, 40, 152-162. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.10.001>

Piérart, B. (1978). Acquisition du langage, patron sémantique et développement cognitif — observations à propos des prépositions spatiales au-dessous de, au-dessus de, sous et sur. *Enfance*, 31(4), 197–208. <https://doi.org/10.3406/enfan.1978.2652>

Piérart, B. (1998). Genèse et structuration des marqueurs de relations spatiales. *L'année Psychologique*, 98(4), 593–638. <https://doi.org/10.3406/psy.1998.28561>

Plumert, J., & Spencer, J. (2007) *The Emerging Spatial Mind*. Oxford university press.

Pollio, H., Jensen, P. & O'Neil, M. (2013). The semantics of Time and Space : A Thematic Analysis. *Psycholinguist Res*. 10.1007/S10936-013-9242-x

Poulin-Dubois, D. (1997). Le développement lexical précoce: hypothèses cognitivistes, sociopragmatiques et linguistiques. *Enfance*, 4, 501–519. <https://doi.org/10.3406/enfan.1997.3082>

Purugganan, O. (2018). Intellectual disabilities. *Pediatrics in Review*, 39(6), 299-309.

Pyers, J. E., Shusterman, A., Senghas, A., Spelke, E. S., & Emmorey, K. (2010). Evidence from an emerging sign language reveals that language supports spatial cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(27), 12116–12120. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914044107>

Rafii, M.S., Kleschevnikov, A.M., Sawa, M., & Mobley, W.C. (2019). Down Syndrome. *Handbook of Clinical Neurology*, 167, 321-336. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804766-8.00017-0>

Roach, M. A., Barratt, M. S., Miller, J. F., & Leavitt, L. A. (1998). The structure of mother-child play: Young children with Down syndrome and typically developing children. *Developmental Psychology*, 34(1), 77.

Rogé B, Chabrol H (2003). *Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent*. Paris : Belin

Rovee-Collier, C., & Gerhadrstein, P. (1997). The development of infant memory. In Cowan, N. (Eds.) *The development of memory in childhood*. (pp 163-199). Psychology Press.

Roy, A., Le Gall, D., Roulin, J. L., & Fournet, N. (2012). Les fonctions exécutives chez l'enfant: approche épistémologique et sémiologie clinique. *Revue de neuropsychologie*, 4(4), 287-297.

Roy, A., Roulin, J. L., Fournet, N., Le Gall, D., Krasny-Pacini, A., & Chevignard, M. (2020). Les troubles des fonctions exécutives. In Majerus, S., Jambaqué, I., Mottron, L., Van Der Linden,

M., & Poncelet, M. (Eds), *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (2^e éd., pp. 219-241). De Boeck Supérieur.

Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R. S., Gati, J. S., ... & Kim, S. G. (2000). Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial fMRI. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(2), 310-320.

Rozencwajg, P. (2006). Quelques réflexions sur l'évaluation de l'intelligence générale : un retour à Binet ?. *Pratiques Psychologiques*, 12(3), 395-410. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2006.06.001>

Salbreux, R., & Misès, R. (2005). La notion de déficience intellectuelle et ses applications pratiques. *Contraste*, 2223(1), 23-47.

Sanz de Acedo Lizarraga, M. L., & Garcia Ganuza, J. M. (2003). Improvement of mental rotation in girls and boys. *Sex Roles*, 49, 277–286.

Schalock, R. L., Luckasson, R., & Tassé, M. J. (2019). The contemporary view of intellectual and developmental disabilities: Implications for psychologists. *Psicothema*.

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701–703.

Silverman, W. (2007). Down syndrome : Cognitive phenotype. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 13, 228–236. <https://doi.org/10.1002/mrdd>

Stransky, D., Wilcox, L. M., & Dubrowski, A. (2010). Mental rotation: cross-task training and generalization. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 16(4), 349.

Seung, H. K., & Chapman, R. (2004). Sentence memory of individuals with Down's syndrome and typically developing children. *Journal of Intellectual Disability Research*, 48(2), 160-171.

Seurinck, R. (2007). *Differential activation of the human brain during mental rotation paradigms, an fMRI study* (Doctoral dissertation, Ghent University).

Slonims, V., & McConachie, H. (2006). Analysis of mother-infant interaction in infants with down syndrome and typically developing infants. *American Journal of Mental Retardation*, 111(4), 273-289.

Tassé, M. J., & Morin, D. (2003). *La déficience intellectuelle*. G. Morin éd.

Vicari, S. (2005). Motor Development and Neuropsychological Patterns in Persons with Down Syndrome. *Behavior Genetics* 36, 355-364. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.019>

Wild, A., Vorperian, H. K., Kent, R. D., Bolt, D. M., & Austin, D. (2018). Single-word speech intelligibility in children and adults with Down syndrome. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(1), 222-236.

Wraga, M., Shepard, J. M., Church, J. A., Kosslyn, S. M., & Inati, S. (2005). Imagined rotations of self versus objects: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 43, 1351-1361.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.028>

Zabalía, M. (1996). *Rotation d'images mentales étude comparative d'enfants IMC et d'enfants valides scolarisés* (Doctoral dissertation, Rouen).

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre d'informations aux parents d'enfants tout venant	68
Annexe 2 : Lettre d'informations aux parents d'enfants porteurs d'une déficience intellectuelle	69
Annexe 3 : Lettre d'informations et de consentement pour les enfants.....	70
Annexe 4 : Lettres d'informations à destination des directeurs d'école spécialisée	72
Annexe 5 : Lettre d'informations à destination des directeurs d'école ordinaire	73
Annexe 6 : Accords parentaux.....	74
Annexe 7 : Exemple d'item de l'épreuve de Raven	75
Annexe 8 : Items de la sous épreuve 2D Objet.....	76
Annexe 9 : Items de la sous épreuve 2D Abstrait	77
Annexe 10 : Items de la sous épreuve 3D Objet.....	78
Annexe 11 : Items de la sous épreuve 3D Abstrait	79
Annexe 12 : Protocole vierge d'évaluation de l'épreuve expérimentale.....	80

Annexe 1 : Lettre d'informations aux parents d'enfants tout venant



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation
Service de logopédie clinique

Liège, novembre 2021

Madame, Monsieur, Chers parents,

Étudiante en Master 2 de logopédie à l'Université de Liège, je réalise, dans le cadre de mon mémoire une étude visant à comparer les capacités de rotation mentale chez des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle par rapport à des enfants tout venant. Progresser dans ce domaine nécessite de récolter des données chez des enfants ne présentant aucune déficience intellectuelle, ayant entre 6 et 12 ans afin de les comparer, dans un second temps, aux données des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle.

À cet effet, je recherche quelques enfants volontaires pour contribuer à ces travaux. Pour participer, l'enfant doit :

- Avoir entre 6 et 12 ans au moment de la séance ;
- Être scolarisé en primaire ;
- Ne pas être porteur d'une déficience intellectuelle ;


Je vous demande dès lors l'autorisation de rencontrer votre enfant, au domicile familial ou au sein de son établissement scolaire, pour une séance individuelle d'environ 30/45 minutes. En contexte scolaire, la plage horaire sera convenue avec l'enseignant en fonction de ses disponibilités et de celles de l'enfant afin de respecter au mieux les temps alloués aux apprentissages. Cette séance consistera à proposer à votre enfant plusieurs jeux et épreuves d'encastrement (retrouver la forme correspondant au modèle) Ces épreuves sont adaptées à l'âge de votre enfant, et sont présentées sous forme ludique.

Les résultats et données relatives à votre enfant seront rendus anonymes et resteront totalement confidentiels. Ils ne serviront en outre en aucun cas à établir un diagnostic de quelque nature que ce soit. Vous-même ou votre enfant restez enfin parfaitement libres de mettre un terme à la participation de ce dernier à n'importe quel moment, et ce sans devoir y apporter de justification.

Vous trouverez, joint à cette lettre, un document de consentement éclairé qui vous permet de marquer votre accord pour la participation de votre enfant. Ces données resteront strictement confidentielles et ne seront utilisées qu'aux fins de la recherche. Si vous souhaitez faire participer votre enfant à l'étude, merci de les retourner complétés à l'enseignant de votre enfant.

Pour de plus amples informations, voici mes coordonnées, vous pouvez me contacter à l'adresse [mail](mailto:ariane.berthiau@gmail.com) suivante ariane.berthiau@gmail.com ou par téléphone au +33621392660 (via [Whatsapp](#) pour éviter le coût d'un appel vers un téléphone français).

En vous remerciant de l'attention portée à ce courrier, je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, Chers

 Parents mes salutations respectueuses.

Ariane Berthiau-[Iézéquel](#)
Étudiante en logopédie

Annick Comblain
Promotrice
Université de Liège
Service de logopédie
Unité de langage, handicaps et troubles
neuro-développementaux

Annexe 2 : Lettre d'informations aux parents d'enfants porteurs d'une déficience intellectuelle



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation
Service de logopédie clinique

Liège, novembre 2021

Madame, Monsieur, Chers parents,

Étudiante en Master 2 de logopédie à l'Université de Liège, je réalise, dans le cadre de mon mémoire une étude visant à comparer les capacités de rotation mentale chez des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle par rapport à des enfants tout venant. Progresser dans ce domaine nécessite de récolter des données chez des enfants présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère, ayant entre 6 et 12 ans afin de les comparer, dans un second temps, aux données des enfants non porteurs d'une déficience intellectuelle.

À cet effet, je recherche quelques enfants volontaires pour contribuer à ces travaux. Pour participer, l'enfant doit :

- Avoir entre 6 et 12 ans au moment de la séance ;
- Être scolarisé en primaire ;
- Être porteur d'une déficience intellectuelle ;

Je vous demande dès lors l'autorisation de rencontrer votre enfant, au domicile familial ou au sein de son établissement scolaire, pour une séance individuelle d'environ 40 minutes. En contexte scolaire, la plage horaire sera convenue avec l'enseignant en fonction de ses disponibilités et de celles de l'enfant afin de respecter au mieux les temps alloués aux apprentissages. Cette séance consistera à proposer à votre enfant plusieurs jeux et épreuves d'encastrement (retrouver la forme correspondant au modèle) Ces épreuves sont adaptées à l'âge de votre enfant, et sont présentées sous forme ludique.

Les résultats et données relatives à votre enfant seront rendus anonymes et resteront totalement confidentiels. Ils ne serviront en outre en aucun cas à établir un diagnostic de quelque nature que ce soit. Vous-même ou votre enfant restez enfin parfaitement libres de mettre un terme à la participation de ce dernier à n'importe quel moment, et ce sans devoir y apporter de justification.

Vous trouverez, joint à cette lettre, un document de consentement éclairé qui vous permet de marquer votre accord pour la participation de votre enfant à l'étude. Ces données resteront strictement confidentielles et ne seront utilisées qu'aux fins de la recherche. Si vous souhaitez faire participer votre enfant à l'étude, merci de les retourner complétés à l'enseignant de votre enfant.

Pour de plus amples informations, voici mes coordonnées, vous pouvez me contacter à l'adresse mail suivante ariane.berthiau@gmail.com ou par téléphone au +33621392660 (via Whatsapp pour éviter le coût d'un appel vers un téléphone français).

En vous remerciant de l'attention portée à ce courrier, je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, Chers Parents mes salutations respectueuses.

Ariane Berthiau-Jézéquel
Étudiante en logopédie

Annick Comblain
Promotrice
Université de Liège
Service de logopédie
Unité de langage, handicaps et troubles
neuro-développementaux



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation

Comité d'éthique

PRESIDENTE : Fabienne COLLETTE

SECRETAIRE : Annick COMBLAIN

Formulaire d'information et de consentement pour des enfants

1) But et procédure de l'étude

Bonjour, je m'appelle Ariane je m'intéresse la façon dont tu tournes les objets dans ta tête pour qu'ils aillent avec la forme demandée. Je voudrais te demander de m'aider en faisant quelques petits exercices avec moi. Tu vas devoir me montrer la pièce qui finit le dessin et puis me montrer l'image qui va avec la forme que tu verras. Cela se déroule en une séance qui prend environ 45 min.

2) Information sur l'accord de l'école et/ou des parents

Avant de te voir, j'ai demandé à tes parents si ils étaient d'accord que je travaille avec toi, et ils ont dit qu'ils étaient d'accord.

J'ai aussi demandé à Monsieur le directeur ainsi qu'à Madame xx s'ils étaient d'accord que je travaille avec les enfants de ta classe, et donc avec toi, ils ont dit qu'ils étaient d'accord.

3) Confidentialité et accord volontaire

Pour les plus jeunes (en dessous de 8 ans):

Maintenant que je t'ai expliqué en quoi consiste mon projet, es-tu d'accord d'y participer ? Mais tu sais, tu n'es pas obligé de dire oui, tu peux très bien ne pas le faire si tu n'en as pas envie. En plus, si tu commences et que tu n'as plus envie de continuer, il suffit de me le dire et on arrêtera les activités sans problème. Ce ne sera pas grave du tout, tu ne devras pas m'expliquer pourquoi. Et tu pourras tout de suite rentrer en classe/aller retrouver tes parents. Ok ? Alors, tu es d'accord ?

Il faut aussi que je te dise que ce que tu vas faire avec moi, ça va rester entre nous, je n'irai pas raconter comment tu as travaillé avec moi ni à ton institutrice, ni à tes parents, je leur dirai juste que tout s'est bien passé s'ils me le demandent. Par contre, toi tu peux leur raconter comment ça s'est passé si tu en as envie. Mais tu n'es pas obligé de leur raconter si tu n'en as pas envie, c'est comme tu veux.

Est-ce que tu as bien compris tout ce que je viens de dire, je sais que c'est un peu compliqué tout ça mais c'est vraiment important pour moi que tu sois d'accord de faire les exercices, que tu saches que tu peux arrêter quand tu veux et que tout ce qui est dit ici je ne le raconterai à personne mais toi tu peux en parler à qui tu veux.

Avant qu'on commence à faire les exercices, est-ce que tu as une question pour moi ?

Pour les plus âgés (plus de 8 ans ?) :

Maintenant que je t'ai expliqué en quoi consiste mon projet, es-tu d'accord d'y participer ? Ta participation est volontaire, c'est à dire que tu participes seulement si tu en as envie, personne ne peut t'obliger. A tout moment, tu as le droit de ne pas répondre à une question si tu n'en as pas envie, tu as aussi le droit de décider d'arrêter de participer si tu n'en as plus envie. Si tu

veux arrêter ou si tu ne souhaites pas répondre à une question, tu n'es pas obligé de m'expliquer pourquoi.

Je serai la seule à connaître tes réponses, elles seront confidentielles. Donc, tout ce que tu me diras et les réponses que tu feras aux tests resteront entre nous, ni tes parents, ni ton instituteur ne pourront connaître ces informations, sauf si évidemment tu as envie de leur en parler. Tu as tout à fait le droit de leur en parler si tu en as envie, mais tu n'es pas obligé, même si ils te le demandent comment ça s'est passé.

Consentement (pour les plus de 8 ans)

Je, _____ reconnais avoir lu et compris le présent formulaire et accepte volontairement de participer à cette recherche. Je reconnais avoir eu suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision et avoir pu poser des questions à l'expérimentateur et recevoir toutes les informations que je souhaitais. Je comprends que ma participation est totalement volontaire (personne ne m'y oblige) et que je peux y mettre fin à tout moment, sans justification à donner. Il me suffit d'en informer la/le responsable du projet.

Ta signature:

Date:

Vérification d'explications données par l'investigateur (pour les moins de 8 ans)

Je soussigné(e), Ariane Berthiau-Iézéquel avoir expliqué le but et la nature de cette étude à _____ dans un langage approprié selon l'âge du participant.

Il/Elle a eu l'opportunité de parler de l'étude avec moi de façon détaillée. J'ai répondu à toutes ses questions et il/elle a donné son assentiment à sa participation dans cette étude.

Signature de l'investigateur :

Date :

Annexe 4 : Lettres d'informations à destination des directeurs d'école spécialisée



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation
Service de logopédie clinique

Liège, novembre 2021

Monsieur Le Directeur,

Étudiante en Master 2 de logopédie à l'Université de Liège, je réalise, dans le cadre de mon mémoire une étude visant à comparer les capacités de rotation mentale chez des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle par rapport à des enfants tout venant. Progresser dans ce domaine nécessite de récolter des données chez des enfants présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère, ayant entre 6 et 12 ans afin de les comparer, dans un second temps, aux données des enfants non porteurs d'une déficience intellectuelle.

À cet effet, je recherche quelques enfants volontaires pour contribuer à ces travaux. Pour participer, l'enfant doit :

- Avoir entre 6 et 12 ans au moment de la séance ;
- Être scolarisé en primaire ;
- Être porteur d'une déficience intellectuelle ;

Je vous demande dès lors l'autorisation de recruter les participants dans votre établissement via la distribution d'une lettre explicative ainsi que d'une demande de consentement. La passation des épreuves peut se faire au domicile familial ou au sein de son établissement scolaire, pour une séance individuelle d'environ 30 minutes. En contexte scolaire, la plage horaire sera convenue avec l'enseignant en fonction de ses disponibilités et de celles de l'enfant afin de respecter au mieux les temps alloués aux apprentissages. Cette séance consistera à proposer à l'enfant plusieurs jeux et épreuves d'encastrement (retrouver la forme correspondant au modèle). Ces épreuves sont adaptées à l'âge de l'enfant, et sont présentées sous forme ludique.

Pour de plus amples informations, voici mes coordonnées, vous pouvez me contacter à l'adresse [mail](mailto:ariane.berthiau@gmail.com) suivante ariane.berthiau@gmail.com ou par téléphone au +33621392660 (via [Whatsapp](#) pour éviter le coût d'un appel vers un téléphone français).

En vous remerciant de l'attention portée à ce courrier, je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, Chers Parents mes salutations respectueuses.

Ariane Berthiau-Iézéquel
Étudiante en logopédie

Annick ~~Comblain~~
Promotrice
Université de Liège
Service de logopédie
Unité de langage, handicaps et troubles
neuro-développementaux

Annexe 5 : Lettre d'informations à destination des directeurs d'école ordinaire



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation
Comité d'éthique
PRESIDENTE : Fabienne COLLETTE
SECRETAIRE : Annick COMBLAIN

**Madame la Directrice,
Monsieur le Directeur**

Je m'appelle Ariane Berthiau-Jézéquel, je suis en dernière année de Logopédie à l'Université de Liège. Je réalise actuellement mon mémoire sur la rotation mentale chez les enfants d'âge scolaire porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère.

Ce mémoire vise à connaître davantage les capacités de rotation mentale, soit la capacité à imaginer les mouvements des objets et des formes afin de faire correspondre les objets à une situation. La rotation mentale apparaît chez les enfants vers l'âge de 4 ou 5 ans. Elle fait partie de la représentation spatiale, laquelle est essentielle pour que l'enfant comprenne l'environnement dans lequel il vit et qu'il puisse s'y développer. Il a été montré dans la littérature que les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle présentaient des difficultés pour se repérer dans l'espace. Mais il existe peu de données sur la rotation mentale et sur les difficultés auxquelles font face ces enfants ou encore sur l'existence ou non de différences entre les enfants tout-venants et les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle.

À cette fin, je recherche quelques enfants volontaires pour contribuer à ces travaux. Pour participer, l'enfant doit :

- Avoir entre 6 et 12 ans au moment de la séance ;
- Être scolarisé en primaire ;
- Ne pas être porteur d'une déficience intellectuelle ;

Les données seront récoltées auprès d'enfants d'âge scolaire présentant une déficience intellectuelle et auprès d'enfants tout-venants afin de comparer leurs performances.

Pour cela, il sera demandé à l'enfant de passer deux épreuves (une sur papier permettant d'apparier les sujets et une sur ordinateur afin d'évaluer les capacités d'appariement et d'encastrement de ce dernier) pour une durée totale de 30 à 45 minutes. La première épreuve consistera en un puzzle logique auquel il manquera une case et l'enfant devra choisir la pièce qu'il pense convenir. La deuxième épreuve se déroulera sur ordinateur et sera divisée en deux parties : l'une sur les formes en 2D (l'enfant devra reconnaître parmi trois silhouettes celle correspondant à l'objet présenté) et l'autre sur les formes en 3D (il devra déterminer, si les deux objets présentés sont les mêmes, l'un ayant subi une rotation d'un certain degré). Ces épreuves seront adaptées à l'âge de l'enfant et seront présentées sous forme ludique.

Je sollicite dès lors votre autorisation pour recruter les participants dans votre établissement via la distribution d'une lettre explicative ainsi que d'une demande de consentement. En contexte scolaire, la plage horaire sera convenue avec l'enseignant en fonction de ses disponibilités et de celles de l'enfant afin de respecter au mieux les temps alloués aux apprentissages.

Annexe 6 : Accords parentaux



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Education

Comité d'éthique

PRESIDENTE : Fabienne COLLETTE

SECRETAIRE : Annick COMBLAIN

CONSENTEMENT ECLAIRE POUR DES RECHERCHES IMPLIQUANT DES PARTICIPANTS HUMAINS

Titre de la recherche	Étude comparative des capacités de rotation mentale chez des enfants d'âge scolaire porteurs d'une déficience intellectuelle et chez des enfants tout-venants.
Chercheur responsable	Ariane Berthiau-Jézéquel
Promoteur	Annick Comblain
Service et numéro de téléphone de contact	Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education Département de Logopédie Langage, handicaps et troubles neuro-développementaux a.comblain@uliege.be ariane.berthiau@gmail.com

Je, soussigné(e),, en ma qualité de père, mère, tuteur ou tutrice de, déclare :

- avoir reçu, lu et compris une présentation écrite de la recherche dont le titre et le chercheur responsable figurent ci-dessus ;
- avoir pu poser des questions sur cette recherche et reçu toutes les informations que je souhaitais.
- avoir reçu une copie de l'information au participant et du consentement éclairé.
-

Je sais que, en ce qui concerne :

- je peux à tout moment mettre un terme à sa participation à cette recherche sans devoir motiver ma décision et sans que quiconque subisse aucun préjudice ;
- son avis sera sollicité et il pourra également mettre un terme à sa participation à cette recherche sans devoir motiver sa décision et sans que quiconque subisse aucun préjudice ;
- je peux demander à recevoir les résultats globaux de la recherche mais je n'aurai aucun retour concernant ses performances personnelles.
- la présente étude ne constitue pas un bilan psychologique ou logopédique à caractère diagnostique.
- je peux contacter le chercheur pour toute question ou insatisfaction relative à sa participation à la recherche ;
- des données le concernant seront récoltées pendant ma participation à cette étude et que le chercheur/mémorant responsable et le promoteur de l'étude se portent garants de la

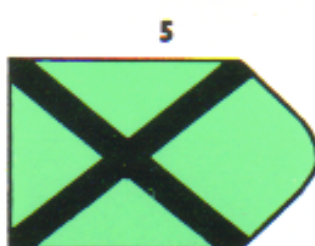
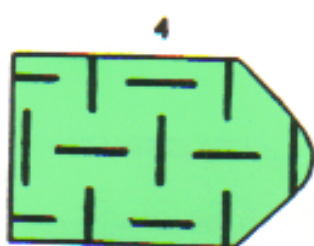
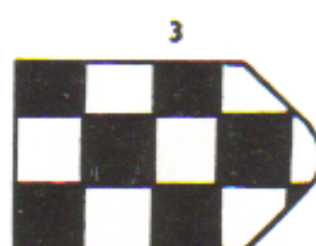
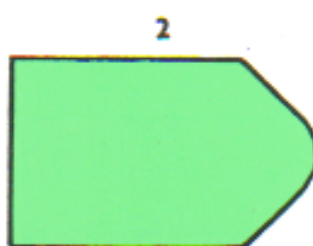
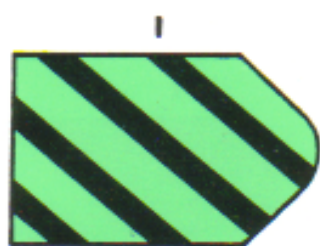
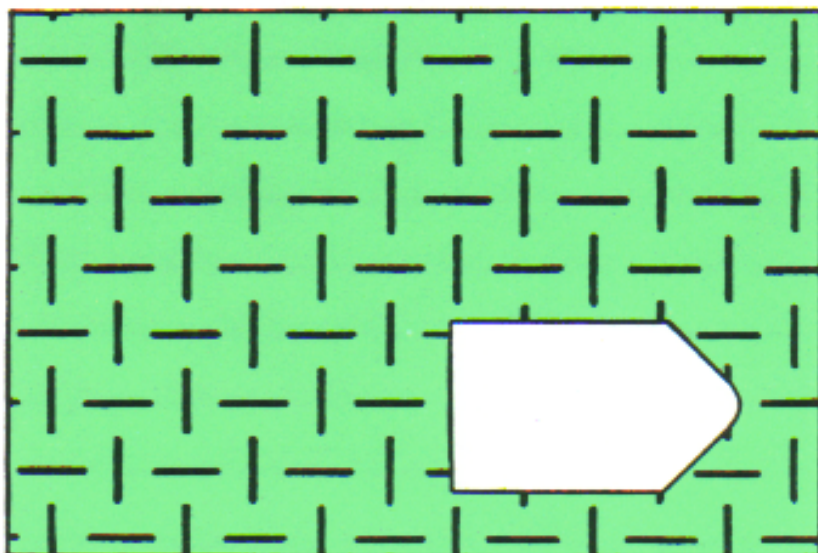
Une copie du présent document est remise à la personne qui l'a signé.

CE-Cons_écl-3

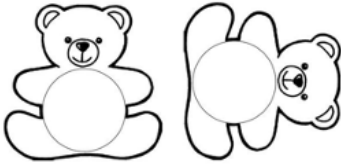
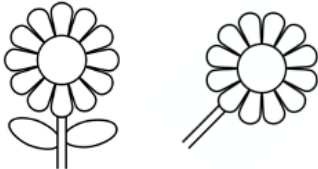

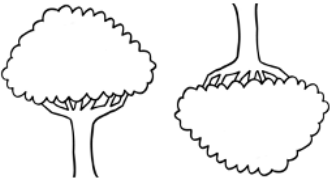

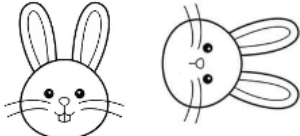


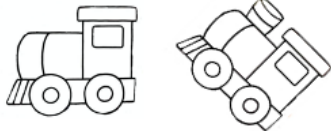



Annexe 7 : Exemple d'item de l'épreuve de Raven

— A —



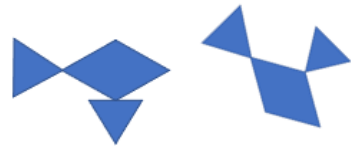






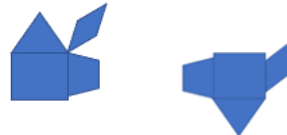


A 1



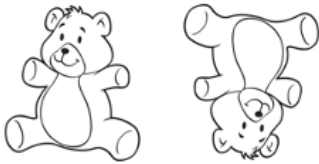

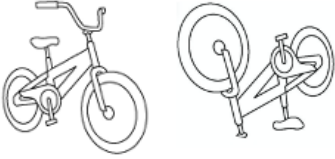
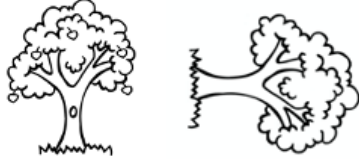
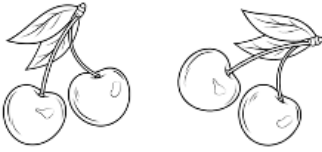


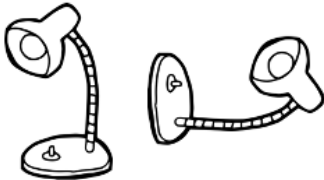
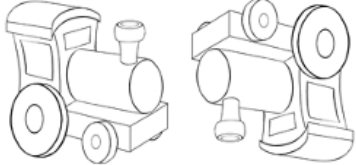
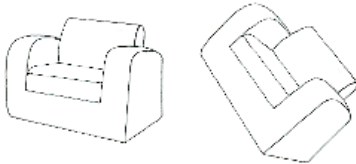

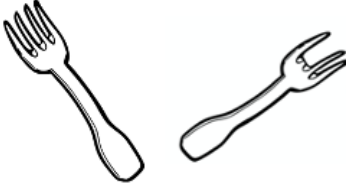
Annexe 8 : Items de la sous épreuve 2D Objet

<p>Item 1</p> 	<p>Item 2</p> 	<p>Item 3</p> 
<p>Item 4</p> 	<p>Item 5</p> 	<p>Item 6</p> 
<p>Item 7</p> 	<p>Item 8</p> 	<p>Item 9</p> 
<p>Item 10</p> 	<p>Item 11</p> 	<p>Item 12</p> 













Annexe 9 : Items de la sous épreuve 2D Abstrait

Item 1 	Item 2 	Item 3 
Item 4 	Item 5 	Item 6 
Item 7 	Item 8 	Item 9 
Item 10 	Item 11 	Item 12 

Annexe 10 : Items de la sous épreuve 3D Objet

Item 1	Item 2	Item 3
		
Item 4	Item 5	Item 6
		
Item 7	Item 8	Item 9
		
Item 10	Item 11	Item 12
		

Annexe 11 : Items de la sous épreuve 3D Abstrait

Item 1 	Item 2 	Item 3 
Item 4 	Item 5 	Item 6 
Item 7 	Item 8 	Item 9 
Item 10 	Item 11 	Item 12 

Annexe 12 : Protocole vierge d'évaluation de l'épreuve expérimentale

Nom et Prénom de l'enfant :

Date :

Type 2 / Tout-venant

ITEMS Objets 2D	Pareil/Différent Degré de rotation	Réponse	Temps de réponse
1 : Ourson	Pareil 90°		
2 : Fleur	Différent 45°		
3 : Vélo	Différent 180°		
4 : Arbre	Pareil 180°		
5 : Ananas	Pareil 45°		
6 : Lapin	Différent 90°		
7 : Maison	Différent 180°		
8 : Lampe	Pareil 90°		
9 : Locomotive	Différent 45°		
10 : Divan	Pareil 180°		
11 : Voiture	Différent 90°		
12 : Fourchette	Pareil 45°		

ITEMS Abstrait 2D	Pareil/Différent Degré de rotation	Réponse	Temps de réponse
1	Pareil 45°		
2	Différent 90°		
3	Différent 45°		
4	Pareil 90°		
5	Différent 180°		
6	Pareil 180°		
7	Différent 90°		
8	Pareil 45°		
9	Pareil 180°		
10	Différent 180°		
11	Pareil 90°		
12	Différent 45°		

ITEMS Objets 3D	Pareil/Différent Degré de rotation	Réponse	Temps de réponse
1 : Ourson	Pareil 180°		
2 : Fleur	Différent 45°		
3 : Vélo	Différent 180°		
4 : Arbre	Différent 90°		
5 : Cerise	Pareil 45°		
6 : Lapin	Pareil 90°		
7 : Maison	Différent 45°		
8 : Lampe	Pareil 90°		
9 : Locomotive	Pareil 180°		
10 : Divan	Pareil 45°		
11 : Voiture	Différent 180°		
12 : Fourchette	Différent 90°		

ITEMS Abstraits 3D	Pareil/Différent Degré de rotation	Réponse	Temps de réponse
1	Pareil 45°		
2	Pareil 180°		
3	Différent 90°		
4	Différent 180°		
5	Différent 45°		
6	Pareil 90°		
7	Pareil 180°		
8	Pareil 90°		
9	Différent 45°		
10	Différent 45°		
11	Différent 90°		
12	Pareil 180°		

TABLE DES MATIERES

Principales abbréviations.....	I
Sommaire.....	II
Introduction générale	1
Introduction théorique	2
1 Notion de rotation mentale	2
1.1 Définition.....	2
1.2 Les fonctions cognitives impliquées.....	3
1.2.1 La représentation spatiale.....	3
1.2.2 L'attention	4
1.2.3 Les fonctions exécutives.....	4
1.2.4 La mémoire à long terme	5
1.3 Les aires cérébrales.....	6
2 Le processus de rotation mentale.....	7
2.1 Déroulement d'une tâche de rotation mentale	7
2.2 Les paramètres liés au sujet.....	8
2.3 Les paramètres liés à l'objet.....	9
3 Le cas particulier des enfants porteurs d'une déficience intellectuelle.....	10
3.1 Présentation de la déficience intellectuelle	10
3.1.1 Capacité intellectuelle et adaptabilité.....	10
3.1.2 Le diagnostic de la déficience intellectuelle	11
3.1.3 L'origine de la déficience intellectuelle	12
3.1.4 La classification des déficiences intellectuelles.....	14
3.2 L'impact de la déficience intellectuelle sur la rotation mentale	16
3.2.1 La représentation spatiale.....	16
3.2.2 L'attention	18
3.2.3 Les fonctions exécutives.....	18
3.2.4 La mémoire à long terme	18
3.3 Les études spécifiques aux syndromes de Down et de Williams	19
Objectifs et hypothèses	21
Méthodologie	23
1 Participants	23
2 Type de données.....	25
3 Matériels et procédures d'évaluation.....	25

3.1	Les Matrices Progressives Colorées de Raven.....	25
3.2	Épreuve expérimentale	26
3.3	Conditions de passation	27
4	Analyses statistiques	28
Résultats		30
1	Analyse quantitative	30
1.1	Hypothèse 1 : les enfants porteurs d’une DI présentent des capacités de rotation mentale inférieures à celles des enfant DT tant au niveau du score que du temps d’exécution de la tâche de rotation mentale.	31
1.2	Hypothèse 2 : les items représentant des éléments en trois dimensions sont mieux identifiés que ceux en deux dimensions	36
1.3	Hypothèse 3 : les items représentant des objets sont plus facilement identifiables que ceux représentant des formes abstraites.	38
2	Analyse qualitative	40
2.1	Répartition des erreurs à la sous-épreuve 2D Objet	40
2.2	Répartition des erreurs à la sous-épreuve 2D Abstrait	41
2.3	Répartition des erreurs à la sous-épreuve 3D Objet	43
2.4	Répartition des erreurs à la sous-épreuve 3D Abstrait	44
2.5	Répartition globale des erreurs.....	45
2.6	Erreurs semblables entre les EDI et EDT	46
Discussion		47
1	Synthèse des résultats et discussion	47
1.1	Les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d’une déficience intellectuelle et celles des enfants ayant un développement typique.....	47
1.2	La rotation mentale en condition 2D et 3D.....	49
1.3	La rotation mentale avec des items représentant des objets et des items représentant des formes abstraites`	49
1.4	Résultats complémentaires.....	50
2	Limites.....	51
Conclusion et perspectives		53
Bibliographie		55
Annexes		67
Table des matières.....		84
Table des figures		87

Table des tableaux	89
Résumé	90

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Exemple de rotation mentale (Shepard et al. 1971)	2
Figure 2 : L'organisation de l'espace selon les trois axes	3
Figure 3. Aires cérébrales impliquées dans la rotation mentale.....	6
Figure 4. Modèle bio-psycho-social de la déficience intellectuelle (Nader-Grobois, 2020) ...	11
Figure 5. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 2D Objet.....	26
Figure 6. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 2D Abstrait	26
Figure 7. Illustrations d'items présentés dans la sous-épreuve 3D Objet.....	26
Figure 8. Illustration d'items présentés dans la sous-épreuve 3D Abstrait	27
Figure 9. Illustrations d'items présentés en guise d'exemple pour chaque sous-épreuve	28
Figure 10. Moyennes des scores des différentes populations à chaque sous-épreuve.....	31
Figure 11. Comparaison des distributions des scores des participants selon le test de Mann-Whitney aux sous- épreuves 2D Objet et 2D Abstrait.	32
Figure 12. Moyennes des temps d'exécution des différentes populations à chaque sous-épreuve	33
Figure 13. Comparaison des distributions des scores des participants d'après le test de Mann-Whitney à chaque sous-épreuve.....	35
Figure 14. Comparaison des scores selon les dimensions d'après le test de la somme des rangs de	37
Figure 15. Comparaison des scores selon les caractéristiques de l'item d'après le test de la somme des rangs de Wilcoxon	39
Figure 16. Répartition en pourcentage des erreurs à l'épreuve 2D Objet.....	40
Figure 17. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 2D Objet.	41
Figure 18. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 2D Abstrait.....	41
Figure 19. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 2D Abstrait.	42
Figure 20. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 3D Objet.	43
Figure 21. Répartition des erreurs selon les participants à la sous-épreuve 3D Objet.	43
Figure 22. Répartition en pourcentage des erreurs à la sous-épreuve 3D Abstrait.....	44
Figure 23. Répartition des erreurs en pourcentage selon les participants à la sous-épreuve 3D Abstrait.	45
Figure 24. Répartition des erreurs totales	45

Figure 25. Répartition des erreurs communes aux deux populations	46
--	----

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition en pourcentages des étiologies de la déficience intellectuelle (Inserm, 2016)	12
Tableau 2. Classification descriptive des déficiences intellectuelles selon les comportements adaptatifs	15
Tableau 3. Tableau descriptif des participants	24
Tableau 4. Tableau des appariements entre les participants EDI et EDT	24
Tableau 5. Résultats statistiques au test de Kolmogorov Smirnov	30
Tableau 6. Résultats statistiques au test de Kruskal-Wallis comparant les scores des EDI et des EDT	32
Tableau 7. Résultats statistiques au test de Mann-Whitney comparant les distributions des scores des EDI et des EDT	33
Tableau 8. Résultats statistiques au test de Kruskal-Wallis comparant les temps d'exécution des EDI et les EDT	34
Tableau 9. Résultats statistiques au test de Mann-Whitney comparant les distributions des temps d'exécution des EDI et des EDT	35
Tableau 10. Résultats statistiques au test de la somme des rangs de Wilcoxon comparant les scores entre 2D et 3D	37
Tableau 11. Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les temps entre 2D et 3D	38
Tableau 12. Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les scores entre Objet et Abstrait	39
Tableau 13. Résultats statistiques au test de la somme des rangs Wilcoxon comparant les temps d'exécution entre Objet et Abstrait	40

RESUME

La rotation mentale est la capacité d'un individu à imaginer les mouvements des objets et des formes spatiales afin de faire correspondre les objets à toute situation (Newcombe et al., 2012). Cette capacité mentale est essentielle dans le développement d'une bonne représentation de l'espace. De nombreux auteurs ont montré que les personnes présentant une déficience intellectuelle rencontraient des difficultés dans le domaine de la représentation spatiales (Pyers et al., 2010, Fayasse et al., 2012, Newcombe et al., 2012). Toutefois, peu d'étude ont investigué les capacités de rotation mentale dans cette population.

L'objectif de ce mémoire est d'investiguer les capacités de rotation mentale chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère en comparaison avec celles des enfants tout-venant afin de mettre en évidence une éventuelle différence tant au niveau de la précision que du temps d'exécution de la tâche. Les différentes modalités d'une tâche de rotation mentale ont également été étudiées : les dimensions dans laquelle la rotation mentale s'effectue ainsi que la nature de l'item (objet ou abstrait).

Pour répondre à notre recherche, une tâche expérimentale évaluant la rotation mentale a été présentée à 10 enfants d'âge scolaire porteurs d'une déficience intellectuelle modérée à sévère ainsi qu'à 10 enfants ayant un développement typique. Les résultats ont mis en évidence une performance plus faible chez les enfants porteurs d'une déficience intellectuelle tant au niveau du score que du temps de réalisation de la tâche. Les résultats ont également montré que les conditions de réalisation optimales d'une tâche de rotation mentale étaient lorsque la rotation concernait un objet en trois dimensions.

Bien que ces éléments contribuent à la recherche sur le sujet, certaines limites ont pu être relevées et de nombreuses perspectives d'étude ont pu être évoquées afin d'améliorer les connaissances sur le sujet de la rotation mentale chez les personnes présentant une déficience intellectuelle.