



Master

2010

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Effet de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement
analogique de personnes présentant une déficience intellectuelle modérée
à sévère

Atia, Sondos

How to cite

ATIA, Sondos. Effet de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement analogique de personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère. Master, 2010.

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:13191>



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**

**Effet de l'entraînement de la mémoire de travail sur le
raisonnement analogique de personnes présentant une
déficience intellectuelle modérée à sévère**

Mémoire réalisé en vue de l'obtention de la Maîtrise en Education Spéciale

par

Sondos ATIA

Genève, Septembre 2010

Membres de la commission :

Dr. Marco Hessels (directeur)

Dr. Mélanie Bosson

Sophie Brandon

**UNIVERSITE DE GENEVE
FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION
SECTION SCIENCES DE L'EDUCATION**

Résumé

Ce travail de mémoire se penche sur l'entraînement de la mémoire de travail de personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère, afin de déterminer si un effet de cet entraînement peut mener à une amélioration de leur raisonnement analogique. Treize personnes, âgées de seize à cinquante-quatre ans, ont participé à l'étude, dont sept ont suivi quotidiennement l'entraînement de la mémoire de travail sur ordinateur durant quinze jours. Toutes ont passé un pré- et post-test de mémoire de travail et de raisonnement analogique, ainsi qu'un test d'apprentissage en dernier. Les résultats indiquent une amélioration significative du groupe expérimental dans certaines tâches de mémoire et une amélioration des deux groupes au test de raisonnement analogique. En revanche, les résultats montrent une corrélation non significative entre les gains à ce test et les gains aux tâches de mémoire, mais une corrélation significative avec le test d'apprentissage. La question du transfert est discutée à la lumière des résultats.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenue au cours de l'élaboration de ce travail.

En premier, je remercie sincèrement le Dr. Marco Hessels. Ma gratitude s'exprime notamment pour son soutien, son orientation de mon travail, ses remarques attentives et sa disponibilité tout au long de la recherche.

Je souhaite également remercier l'institution qui m'a accueillie pour la réalisation de cette recherche. Je remercie ainsi tous les participants pour leur agréable coopération et leur disponibilité, ainsi que les éducateurs pour leur accueil, leur écoute et leurs précieux conseils.

J'adresse aussi mes profonds remerciements au Dr. Mélanie Bosson et à Sophie Brandon pour leur lecture et leur présence comme membres de la commission.

De tout cœur, je remercie enfin mes parents, ma sœur et mes proches pour leurs encouragements et leur patience.

Table des matières

I.	Introduction	8
II.	Cadre théorique	10
	2.1. Déficience intellectuelle : définitions	10
	2.1.1. Déficience intellectuelle modérée à sévère	11
	2.2. Modèle de la mémoire	12
	2.2.1. Modèle de la mémoire de travail	13
	2.2.2. Mesures de la mémoire	15
	2.2.3. Mémoire de travail chez les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère	17
	2.2.4. Entraînement de la mémoire de travail	19
	2.3. Raisonnement analogique des personnes présentant une déficience intellectuelle	21
	2.3.1. Intelligence et capacité d'apprentissage	23
	2.3.2. Amélioration de l'intelligence des personnes ayant une déficience intellectuelle	24
	2.3.3. Amélioration de l'intelligence par l'entraînement de la mémoire de travail	26
	2.4. But de la recherche	28
	2.4.1. Questions de recherche	29
	2.4.2. Hypothèses de recherche	29
III.	Méthodologie	31
	3.1. Plan de la recherche	31
	3.2. L'échantillon	31
	3.3. Les instruments d'entraînement de la mémoire de travail	32
	3.3.1. <i>Senso</i>	33
	3.3.2. <i>Visuo-spatial</i>	33
	3.3.3. <i>Chat et chien</i>	34
	3.3.4. <i>Animaux</i>	35
	3.4. Les instruments des pré-tests et post-tests	35
	3.4.1. Mémoire de travail	35

3.4.2. Test de raisonnement analogique : les <i>Matrices Progressives Colorées</i> (CPM)	35
3.4.3. Test d'apprentissage: le Hessels Analogical Reasoning Test (HART)	36
3.5. Méthode d'analyse des données	39
IV. Résultats	40
4.1. Fidélité	40
4.2. Mémoire de travail et raisonnement analogique	40
4.2.1. Moyennes et écart-types	40
4.2.2. Comparaisons des moyennes des effets de l'intervention des deux groupes	41
4.3. HART	41
4.4. Relations entre CPM et HART	42
4.5. Relations de gains résiduels entre tâches de mémoire, CPM et HART	42
4.6. Exemple du profil de gain d'un participant du groupe expérimental	44
V. Discussion	46
VI. Conclusion	49
VII. Références bibliographiques	51
VIII. Annexes	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Distribution des participants par âge, sexe et classe socio-économique

Tableau 2 : Scores moyens et écart-types aux tâches de mémoire et au test de raisonnement analogique (CPM), au pré-test et au post-test, pour le GC et le GE

Tableau 3 : Comparaisons par ANOVA entre le GC et le GE entre le pré-test et le post-test, avec indice de signification et indice d'effet de groupe, pour les tâches de mémoire et de raisonnement analogique

Tableau 4 : Scores moyens au test d'apprentissage (HART) pour le GC et le GE et comparaison par ANOVA entre les groupes, avec indice de signification et indice d'effet de groupe

Tableau 5 : Corrélations one-tailed de Spearman entre le pré-test et le post-test du CPM, entre le HART et le pré-test CPM et entre le post-test CPM pour le GC et le GE

Tableau 6 : Corrélations two-tailed de Spearman et indice de signification entre les gains résiduels aux tâches de mémoire, au HART et au CPM pour le GC et le GE

Liste des figures

Figure 1 : Tâche de mémoire de travail *Senso*

Figure 2 : Tâche de mémoire de travail *Visuo-spatial*

Figure 3 : Tâche de mémoire de travail *Chat et chien*

Figure 4 : Tâche de mémoire de travail *Animaux*

Figure 5 : Premier item d'introduction du HART

Figures 6-9 : Profil de gain d'un participant du GE aux quatre tâches de mémoire de travail

I. Introduction

Ce travail de mémoire s'inscrit dans une lignée de travaux liés à la mémoire de travail. Plus précisément, il se penche sur l'entraînement de cette dernière chez les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère, afin de déterminer si un effet de cet entraînement peut mener à une amélioration du raisonnement analogique de ces personnes. De nombreux auteurs se sont en effet déjà intéressés à la capacité de la mémoire de travail chez les personnes ayant une déficience intellectuelle, la plupart affirmant un déficit de cette structure chez ces personnes (p.ex. Hulme & Mackenzie, 1992 ; Jarrold, Baddeley et Hewes, 1999, 2000 ; Henry, 2001 ; Lanfranchi, Cornoldi et Vianello., 2004 ; Alloway, Gathercole, Kirkwood et Elliott, 2009). Les conclusions des travaux de ces dernières décennies sur la mémoire stipulent que la mémoire de travail est impliquée dans diverses tâches cognitives, telles que « la lecture, l'arithmétique ou encore le raisonnement en général » (Gassner, 2009, p.1). Le modèle de la mémoire d'Atkinson et Shiffrin (1968) donne notamment à la mémoire de travail (mémoire à court-terme dans leur modèle) un rôle crucial, soutenant que des difficultés au niveau de la mémoire de travail permettent d'expliquer les faibles performances cognitives des personnes ayant un déficit de cette fonction (Baddeley, 1998), comme c'est le cas des personnes ayant une déficience intellectuelle. Baddeley (1998) atténue cependant l'ampleur de ce propos en affirmant que ce déficit ne détériore pas leur comportement de tous les jours.

Par ailleurs, plusieurs études prétendent aujourd'hui à une amélioration possible de l'intelligence (Sternberg, 2008 ; Perrig, Hollenstein et Oelhafen, 2009 ; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides et Perrig, 2008 ; Buschkuhl et Jaeggi, 2010). Buschkuhl et Jaeggi (2010) précisent que l'intérêt nouveau aujourd'hui n'est pas tant d'augmenter ce facteur g , défini comme le facteur général de l'intelligence, en entraînant les personnes sur les tests d'intelligence du type QI , mais d'améliorer les processus fondamentaux ou sous-jacents à la base de l'intelligence, en particulier la mémoire de travail. Le lien entre la mémoire de travail et le raisonnement analogique n'apparaît pas nouveau. Ainsi, comme le rappelle Baddeley (1992), la première mesure de la capacité de mémoire à court terme fut faite à la fin du 19^{ème} siècle par un enseignant, du nom de Joseph Jacobs, qui cherchait à mesurer la capacité intellectuelle de ses élèves. Aujourd'hui, de nombreux tests statiques de mesure de l'intelligence contiennent des tâches de mémoire visuelle et verbale, comme dans le WISC III (tâche de Mémoire des chiffres) ou dans le K-ABC. Carpenter, Just et Shell (1990) prétendent

également à une corrélation de ces deux structures, en prenant comme exemple les Matrices Progressives de Raven, qui sont des épreuves fortement saturées en facteur *g*. En remarquant que les erreurs et les temps de réponse augmentent quand la mémoire de travail doit gérer un plus grand nombre de buts de résolution de problèmes, en fonction de la difficulté de l'épreuve, les auteurs concluent à une forte corrélation de ces processus. Selon eux, les plus simples tâches de raisonnement analogique reflètent ainsi la mémoire de travail. Plus récemment, la psychologie cognitive et les neurosciences se sont penchées sur les liens communs entre intelligence et mémoire de travail (Van der Linden & Collette, 2002) et autres hautes fonctions cognitives. Ceci permet à Perrig et al. (2009) de prétendre de manière optimiste à un effet possible de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement analogique de personnes présentant une déficience intellectuelle, bien qu'à ce jour une telle recherche auprès de cette population n'ait pas encore été menée. Le but de la recherche faite dans le cadre de ce mémoire est donc de donner une première ébauche de résultats d'un entraînement de la mémoire de travail et d'en examiner l'effet sur le raisonnement analogique des participants.

Dans ce mémoire, nous trouverons deux parties. En premier lieu, sous le cadre théorique, une revue des aspects théoriques sous-jacents à notre questionnement sera discutée. En commençant par une définition du concept de déficience intellectuelle telle que perçue par la société actuelle, puis en expliquant les différents modèles de la mémoire de travail dans le thème de la mémoire, nous nous intéresserons alors à différentes études relatives à la mémoire de travail chez les personnes présentant une déficience intellectuelle. Par ailleurs, nous examinerons les recherches effectuées sur la possibilité d'améliorer la mémoire de travail auprès de différentes populations en général. Nous présenterons également un bref rappel de recherches sur le raisonnement analogique chez les personnes atteintes d'une déficience intellectuelle, les différentes manières existantes pour le mesurer (tests QI et tests d'apprentissage), et la possibilité d'en améliorer le fonctionnement chez ces personnes. Enfin, une discussion grâce à quelques recherches permettra de statuer, de manière théorique, sur l'éventualité d'une amélioration du raisonnement analogique de personnes ayant une déficience intellectuelle à travers un entraînement de leur mémoire de travail, par le biais d'un transfert des processus sous-jacents à ces deux structures. Par la suite, une partie empirique présentera la recherche effectuée dans le cadre de ce mémoire, avec une présentation de la méthodologie, l'analyse quantitative des résultats obtenus, ainsi qu'une discussion générale.

II. Cadre théorique

2.1. Déficience intellectuelle : définitions

La terminologie et les systèmes de classification de la déficience intellectuelle ont évolué au cours des siècles derniers, entraînés par l'évolution et la redéfinition des concepts qui la caractérisent, en fonction de son impact sur la société (Tassé et Morin, 2003). Plusieurs organismes définissent la déficience intellectuelle. Les définitions les plus utilisées à ce jour sont, entre autres, celles de l'American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (Schalock et al., 2010 ; anciennement la définition de l'American Association on Mental Retardation, de Luckasson et al., 2002), l'American Psychiatric Association (2000), l'American Psychological Association (Jacobson & Mulick, 1996) et l'Organisation Mondiale de la Santé (1993). Tous ces organismes rapportent trois critères diagnostiques communs, comme le relèvent Tassé et Morin (2003) :

- 1) Une limitation du fonctionnement intellectuel ;
- 2) Une limitation des comportements adaptatifs ;
- 3) La présence de ces limitations avant l'âge adulte.

Tassé et Morin relèvent que, depuis sa révision de 1992, la définition de l'AAIDD semble être la plus complète au niveau de l'évaluation et du diagnostic. En effet, elle ne considère plus, comme dans ses anciens modèles, le niveau de déficience intellectuelle légère, moyenne, grave ou profonde, mais se focalise sur les difficultés d'adaptation de la personne et des moyens de soutien nécessaires pour améliorer son fonctionnement personnel et lui permettre son intégration dans la société, ne considérant plus sa déficience intellectuelle comme un trait absolu mais comme un état de fonctionnement. Ainsi, « cette définition implique que l'évaluation de la personne doit tenir compte du milieu socioculturel de celle-ci ainsi que des attentes du groupe auquel elle appartient. Elle met aussi l'accent sur les forces et les faiblesses de la personne » (Tassé & Morin, p.13). Avec sa 11^{ème} édition, l'AAIDD Manual (Schalock et al., 2010) valide à nouveau l'acceptation de la déficience intellectuelle apportée par les révisions de 1992 et 2002, et introduit certaines nouvelles connaissances concernant le diagnostic, la classification et la planification d'aides individualisées pour les personnes ayant une déficience intellectuelle. En outre, elle change la terminologie de *retard mental* à *déficience intellectuelle*, expliquant que ce dernier terme en reflète mieux la nouvelle conception, s'établit mieux dans les pratiques professionnelles actuelles mettant l'accent sur les comportements fonctionnels et les facteurs contextuels, ainsi que sur les supports apportés

et s'inscrit mieux dans la terminologie internationale. Enfin, ce terme est moins offensif envers les personnes ayant une déficience intellectuelle. C'est donc le terme qui sera utilisé dans le cadre de ce mémoire.

2.1.1. Déficience intellectuelle modérée à sévère

Les personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère (QI < 50-55) sont généralement perçues comme ayant une « limitation du raisonnement à un niveau concret » comme le rapporte Hessels-Schlatter (2010). Cette auteure, ainsi que Hulme et Mackenzie (1992), mentionnent différentes limitations procédurales affectant ces personnes, telles que des déficits au niveau de l'exploration et de l'encodage des informations, de l'attention, et particulièrement de la mémoire de travail. Hessels-Schlatter (2010) relève également les déficits reconnus de ces personnes au niveau de la comparaison et de la vitesse de traitement, et Hulme et Mackenzie (1992) font référence aux problèmes de production langagière qui peuvent être constatés auprès de cette population. D'après Büchel et Paour (2005) s'ajoutent en outre la difficulté pour les personnes atteintes d'une déficience intellectuelle modérée à sévère de prendre conscience de leur fonctionnement cognitif et des stratégies nécessaires, donc de développer des métaconnaissances sur elles-mêmes, les tâches et les stratégies, et de maintenir et transférer ces dernières à d'autres domaines. Ces auteurs mentionnent également des limitations de motivation de la part de ces personnes face à des tâches qu'ils ne peuvent résoudre dès le premier abord, ce qui n'encourage pas le maintien de leur effort. Chez ces personnes, cela implique en général un apprentissage plus lent et moins de succès, bien que leurs possibilités d'apprentissage soient plus importantes que ce que l'on tend à penser, comme le soulève Hessels-Schlatter (2010).

Pour travailler avec ces populations, il importe alors, comme disent Bray, Huffman et Grupe (1998, p.66), de rappeler que les personnes ayant une déficience intellectuelle « n'ont pas que des déficiences en matière de mémorisation, mais qu'elles ont aussi des compétences ». Généralement, l'approche théorique envisagée permet de déterminer le type d'intervention à mener avec ces populations. Les deux approches théoriques toujours sous débat sont l'approche « développementale » et l'approche « déficitaire » ou « différence ». D'après la première, les personnes souffrant d'une déficience intellectuelle ont les mêmes structures et processus cognitifs que les personnes sans déficience, bien que ces derniers se développent plus lentement, ce qui suppose qu'à âge mental égal, la performance des deux populations sur des tâches cognitives ne diffère pas. Dans la position « déficitaire », on

envisage des structures ou des processus cognitifs différents qui engendrent des différences qualitatives dans le fonctionnement cognitif des personnes ayant une déficience intellectuelle, par rapport à des personnes sans déficience (Büchel & Paour, 2005). Henry et MacLean (2002) citent comme exemple de processus déficitaire la fonction de répétition. Ces mêmes auteurs rapportent que des personnes ayant une déficience intellectuelle ont une moins bonne performance que des personnes sans déficience d'âge mental plus jeune sur des tâches nécessitant une composante verbale. Pour Hulme et Mackenzie (1992) enfin, il n'y a pas de preuve à ce jour sur des différences qualitatives entre ces populations au niveau des processus psychologiques.

2.2. Modèle de la mémoire

Baddeley (1992, p.21) définit la mémoire humaine comme « un système permettant le stockage et la récupération de l'information, laquelle information est naturellement transmise par nos sens », le tout englobant plusieurs sous-systèmes de mémoire et plusieurs étapes de traitement. Le modèle de la mémoire tel que nous le décrivons aujourd'hui s'inscrit ainsi dans les théories du traitement de l'information, et voit sa naissance grâce aux travaux de Brown (1958) en Grande-Bretagne, et de Peterson et Peterson (1959), aux USA. Ces chercheurs s'intéressent de près à l'oubli à court terme de petits items lorsque l'on est distrait, créant ainsi les premières études sur la mémoire à court terme. Leur expérience, initiant le débat sur une dichotomie des systèmes de mémoire à court et long terme, est suivie de près de l'élaboration du premier modèle de la mémoire à trois magasins, le plus influent étant celui d'Atkinson et Shiffrin (1968). Ce dernier modèle suggère une séparation de la mémoire en trois sous-systèmes: la mémoire sensorielle (que l'on appelle également la mémoire à ultra court-terme), la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. Par analogie à l'ordinateur comme suggéré par Baddeley (1992, 1998), ce *modèle modal* opère un traitement séquentiel de l'information: les informations du contexte extérieur sont prises en charge par les registres sensoriels (visuel, auditif, tactile, olfactif et gustatif), puis sont traitées par la mémoire à court terme, qui a pour fonction le stockage ainsi que le codage de l'information. Ce traitement intermédiaire par la mémoire à court terme est ainsi essentiel à la suite du processus, soit le passage vers la mémoire à long terme. En effet, le stockage dans la mémoire à court terme est limité, la capacité de l'empan étant de l'ordre de 7 ± 2 éléments (Miller, 1956) chez des sujets tout-venants.

Ce modèle rencontre cependant certaines critiques, notamment sur l'apprentissage différent qui se fait dans la mémoire à court terme et la mémoire à long terme et le processus de passage des informations d'une mémoire à l'autre, les deux systèmes n'étant pas liés d'une manière aussi simple que le prédit le modèle. Les critiques faites à ce modèle accentuent l'intérêt porté à la mémoire à court terme, que les modèles de la mémoire plus récents nomment ainsi la mémoire de travail. C'est en particulier Baddeley et Hitch (1974) qui révolutionnent ainsi la perception de cette composante de la mémoire. Par opposition à l'image du disque dur d'un ordinateur, Baddeley envisage la mémoire comme un cerveau.

2.2.1. Modèle de la mémoire de travail

La mémoire de travail apparaît comme la composante essentielle des modèles de la mémoire humaine, d'un point de vue neuropsychologique et cognitif. Elle est impliquée dans de nombreuses tâches cognitives et, de manière plus controversée, semble importante dans de nombreuses tâches quotidiennes (Baddeley, 1998, Kane et al., 2007, cités par Perrig et al., 2009). Ce sont Baddeley et Hitch (1974) qui apportent en premier une alternative au terme du système de la mémoire à court terme du modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968), en proposant un terme qui indique la tâche plus élaborée qu'un simple stockage à court terme. Ils introduisent ainsi la notion de mémoire de travail. Hulme et Mackenzie (1992) rappellent que la mémoire de travail est un ensemble de sous-systèmes responsable du stockage d'informations, en vue de la réalisation de performances cognitives complexes, telles que la lecture, l'arithmétique mentale ou le raisonnement verbal. Gathercole et Alloway (2006) la distinguent de la mémoire à court-terme qui, elle, est spécialisée dans le stockage temporaire de matériel provenant de domaines informationnels particuliers, et n'implique pas la fonction de traitement de l'information. Van der Linden et Collette (2002) affirment d'ailleurs que le succès du modèle de la mémoire de travail se rapporte à sa capacité de refléter le fonctionnement cognitif normal et pathologique, dans divers domaines tels que le raisonnement, la lecture, la compréhension du langage, le calcul ou l'apprentissage de vocabulaire.

Si la mémoire de travail est vue comme un ensemble de sous-systèmes, c'est qu'en effet elle se forme de trois composants distincts décrits ainsi par Baddeley et Hitch (1974) : l'administrateur central (*central executive*), chargé de distribuer l'attention et contrôler les deux autres composants, vus comme des systèmes esclaves auxiliaires, soit la boucle phonologique (*phonological loop*) et le calepin visuo-spatial (*visuospatial sketchpad*).

L'administrateur central a comme rôle, outre la coordination et l'activation des deux sous-systèmes, la distribution de ressources attentionnelles et la gestion de l'attention sélective, de choisir les stratégies nécessaires à l'exécution d'une tâche cognitive, de sélectionner les informations qui doivent être stockées dans la mémoire à long-terme et d'activer celles qui sont déjà emmagasinées dans cette dernière. Il a ainsi le rôle le plus important du système, les deux autres composants ayant pour rôle de stocker les informations de manière spécifique en fonction de la nature du matériel (Baddeley et Hitch, 1974). En effet, la boucle phonologique, composante la plus élaborée du système d'après Baddeley (1992), maintient durant un temps limité les informations présentées auditivement ou visuellement. Comme explique Baddeley (1992), deux sous-composants forment ce sous-système: «une unité de stockage phonologique capable de contenir les informations provenant du langage et un processus de contrôle articulatoire reposant sur le langage intérieur» (pp.84-85) responsable de l'auto-répétition et du maintien plus long des informations, ainsi que du recodage phonologique des informations présentées de manière visuelle. Van der Linden et Collette (1992) ajoutent que des recherches supplémentaires attribuent à cette composante une fonction exécutive plus active, notamment le contrôle verbal de l'action, ce qui suppose une fonction beaucoup plus importante qu'un stockage passif à durée limitée («de l'ordre des 1,5-2 secondes» selon Zampini, 2006) des informations. Le calepin visuo-spatial, également partagé en deux sous-composants, a quant à lui pour rôle le stockage et le maintien des informations présentées de manière visuo-spatiale de même que la formation et la manipulation des images mentales (Baddeley, 1992). Les recherches faites dans ce domaine concluent que le fonctionnement du système visuo-spatial est analogue à celui de la boucle articulatoire (Baddeley, 1992).

En 2000, Baddeley ajoute une nouvelle composante à son modèle initial de la mémoire de travail, afin de pallier aux limites de ce dernier. En effet, dans le modèle initial, la boucle phonologique repose uniquement sur l'aspect phonologique des mots, alors qu'il semble probable que la signification des mots ait de l'importance. Par ailleurs, le premier modèle ne conçoit pas que le codage verbal puisse intégrer un codage spatial, permettant par exemple de se faire une image mentale des mots que l'on entend. Enfin, les interactions entre la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et les informations stockées en mémoire à long terme ne sont pas considérées par le modèle initial de Baddeley et Hitch (1974). La composante que Baddeley ajoute au modèle de base de la mémoire de travail est appelée mémoire-tampon («buffer») épisodique. Comme l'expliquent Van der Linden et Collette (2002), cette composante est un système de capacité limitée, permettant le stockage, de manière

temporaire, d'informations multimodales traitées par les différents sous-systèmes et par la mémoire à long terme, et favorisant l'intégration de ces informations au sein d'une représentation épisodique unitaire. Ainsi décrit, ce nouveau modèle semble plus apte à expliquer les aspects plus complexes du contrôle exécutif dans la mémoire de travail (Baddeley, 2000), mais il n'est que peu étudié dans la littérature scientifique, car difficile à évaluer de manière empirique.

Dans leur recherche sur la mémoire de travail auprès de personnes présentant le syndrome de Down, Lanfranchi et al. (2004) suggèrent un modèle original englobant les différents tests de mémoire, car ils y mettent en évidence le degré de contrôle requis, ce qui n'est pas toujours explicite dans le modèle à trois magasins de Baddeley. En effet, outre la distinction classique au niveau du continuum horizontal entre les tâches verbales et les tâches visuelles de la mémoire de travail, les auteurs ajoutent une deuxième composante, le continuum vertical. Ils distinguent ainsi entre les tâches de mémoire à court terme nécessitant peu de charge cognitive et les tâches de mémoire de travail nécessitant un plus grand investissement cognitif, ce qui concrètement va de la simple activité de rappel à des activités plus complexes de changement d'ordre, de sélection, d'inhibition ou de transformation (Lanfranchi et al., 2004).

2.2.2. Mesures de la mémoire

Plusieurs tâches existent pour mesurer la mémoire à court terme et la mémoire de travail. Certains tests de mesure de l'intelligence, tel que le WISC-III, comprennent des tâches d'empan de mémoire. En effet, la relation entre la mémoire de travail et la capacité cognitive générale est établie dans de nombreuses recherches (Kyllonen & Christal, 1990 ; Oberauer, Schulze, Wilhelm et Süß, 2005 ; Süß, Oberauer, Wittmann, Wilhelm et Schulze, 2002). Hulme et Mackenzie (1992) montrent par exemple une corrélation entre l'empan numérique et le QI. Perrig et al. (2009) affirment que le lien entre la capacité de mémoire de travail et l'intelligence fluide est aujourd'hui moins controversé, bien que la raison de ce lien génère encore des questions. Cependant, en ce qui concerne la mesure de la capacité de la mémoire de travail, Gathercole et Alloway (2006, p.6) soulèvent ainsi:

« Impairments of working memory should be identified independently of other aspects of a child's cognitive profile, and do not require the use of discrepancy criteria related to IQ. The reason for this is that working memory and IQ have separable links with learning, although they are typically positively related ».

Pour évaluer les différents composants du modèle de la mémoire décrit par Baddeley, différentes tâches sont proposées dans les recherches relatives à la mémoire de travail. Van der Molen, Van Luit, Jongmans et Van der Molen (2007) utilisent *l'empan de chiffres* et *l'empan de non-mots* (rappel de chiffres ou de mots sans signification dans l'ordre exact où ils ont été présentés) pour évaluer la boucle phonologique. Dans ce même dessein, Henry (2001) propose *l'empan de mots* et Comblain (1994), *l'empan de lettres*. Les tests mesurant l'empan visuo-spatial, utilisés notamment dans l'étude de Henry (2001), sont la *tâche de pattern visuel*, où le sujet doit repérer un certain pattern visuel dans une image et la tâche des *Corsi block*, dans laquelle il s'agit de répéter des séquences spatiales sur des cubes effectuées par l'examineur. Alloway et al. (2009) citent également la tâche de *matrice de points*, sur ordinateur, où le sujet rappelle la position de points rouges dans une grille 4x4, et la tâche de *mémoire de labyrinthe*, où le sujet reproduit le chemin qui lui est montré, durant quelques secondes, dans un labyrinthe. Pour estimer la capacité de l'administrateur central, Van der Molen et al. (2007) se servent d'un *test à double tâche* décrit par Baddeley, Della Sala, Gray, Papagno et Spinnler (1997), dans lequel les participants exécutent un test d'empan verbal et un test d'empan visuo-spatial en même temps, après les avoir faits isolément dans un premier temps. Henry (2001) utilise les tâches d'*empan d'écoute*, *odd one out span* et *l'empan de chiffres en ordre inverse*. Dans la tâche d'*empan d'écoute*, le participant doit rappeler le dernier mot de toutes les phrases qu'il entend, après avoir entendu toutes les phrases et après avoir statué à la fin de chacune des phrases sur la nature vraie ou fausse de ces dernières (Henry & MacLean, 2002). Dans la tâche *odd one out span*, il faut trouver parmi trois images sans signification celle qui diffère des deux autres, puis se souvenir de sa location spatiale afin de la pointer sur une autre feuille blanche (Henry & MacLean, 2002). Une autre variante proposée par Daneman et Carpenter (1980) est la tâche d'*empan de lecture*, où le sujet lit à haute voix une série de phrases et en rappelle ensuite les derniers mots. Gathercole et Alloway (2006) citent également *l'empan de comptage*, dans lequel le sujet compte les séries d'objets qui lui sont présentées puis en rappelle les nombres à la fin, et *l'empan d'opération*, où il faut faire des opérations mathématiques puis rappeler les items sans relation qui lui sont montrés après chaque opération. Ces tâches mesurant la capacité de l'administrateur central constituent des tâches d'*empan de mémoire complexe*, premièrement créées par Daneman et Carpenter (1980), et que Gathercole et Alloway définissent comme des tâches nécessitant de la part du sujet un traitement et un stockage d'un nombre croissant d'informations, jusqu'à un point où des erreurs de rappel apparaissent. Selon Perrig et al. (2009), ces tâches sont de meilleurs prédicteurs de la capacité d'apprentissage que les simples tâches de rappel.

2.2.3. Mémoire de travail chez les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère

De nombreux chercheurs s'accordent à dire que les personnes souffrant d'un retard mental modéré ont un problème bien connu de déficit de leur mémoire de travail (Hulme et Mackenzie, 1992; Rinaldi, Hessels, Büchel, Hessels-Schlatter et Kipfer, 2002; Van der Molen et al., 2007). Henry (2001) rapporte ainsi les résultats de Hulme et Mackenzie (1992) concernant des enfants ayant un QI entre 20 à 50: leur empan numérique et verbal s'avère plus faible que celui d'enfants de même âge mental, et il accroît à une vitesse plus faible sur une durée de 5 ans. Ces derniers auteurs ont observé un empan moyen de 3.75 pour les chiffres et 3.45 pour les mots. Ils ont comparé la capacité de mémoire de travail de trois groupes pour déterminer si l'augmentation de l'empan mnésique diffère entre des personnes présentant le syndrome de Down avec une déficience intellectuelle modérée à sévère, d'autres personnes à étiologies mixtes ayant une déficience intellectuelle, et un groupe contrôle. Ils ont trouvé que l'empan mnésique des personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère ne s'accroît pas simultanément avec l'âge mental, et que leurs capacités de mémoire de travail « ne se développent pas à la même vitesse que d'autres indices cognitifs » (Gassner, 2009, p.9). En effet, Büchel et Paour (2005) soulignent que la limitation de la mémoire de travail ne signifie pas de manière automatique un affaiblissement des performances cognitives.

Cependant, beaucoup de recherches essaient de mettre en lien les difficultés que rencontrent les élèves à besoins éducatifs spéciaux, entre autres ceux qui présentent une déficience intellectuelle, et les composants distincts de la mémoire de travail selon le modèle de Baddeley. Ainsi, Alloway, Gathercole, Willis et Adams (2005) ont évalué 64 élèves à besoins éducatifs spéciaux de 7 à 11 ans sur des tâches de QI verbal et performance du WISC, sur des tâches scolaires en lecture et en mathématiques, ainsi que sur des tâches de mesure de l'administrateur central, du calepin visuo-spatial et de la boucle phonologique. Ils concluent que les élèves montrent des difficultés confirmées au niveau de l'administrateur central et du calepin visuo-spatial. C'est en revanche la mesure de la boucle phonologique qui intéresse Frenkel (2004) auprès de 8 personnes présentant une trisomie 21, avec un groupe contrôle de 16 personnes de même âge mental. Elle leur présente une série de 12 mots monosyllabiques de manière orale et visuelle, à intervalle de 5 secondes. Elle trouve que les personnes ayant une trisomie 21 n'utilisent pas de manière active la stratégie d'autorépétition, pouvant alors

rappeler uniquement les mots récemment présentés (rappel d'en moyenne 1.31 mots), et elle démontre que, sans un enseignement explicite de la stratégie d'autorépétition, seules trois personnes l'utilisent spontanément, mais de manière passive, élevant alors leur score de rappel à une moyenne de 3. Les personnes de moins de 7 ans d'âge mental (Jarrold et al., 2000) ou moins de 8 ans (Gathercole et Hitch, 1993) ne montrent en effet pas la capacité de répétition automatique. Dans leur recherche de 2000, Jarrold, Baddeley et Hewes s'intéressent également à la question de la répétition automatique auprès des personnes atteintes du syndrome de Down, en comparant leurs performances de rappel à celles de personnes de même âge mental. Ils concluent comme Hulme et Mackenzie (1992) que ces personnes n'utilisent pas automatiquement la stratégie de répétition, mais que l'on ne peut attribuer ce défaut particulièrement à leur niveau intellectuel, puisque le groupe contrôle d'enfants de même âge mental sans handicap n'en fait pas usage de manière automatique non plus, ce qui laisserait supposer un déficit dû à l'âge. En revanche, Van der Molen et al. (2007) n'arrivent pas à la même conclusion. Ils appuient les résultats de Henry (2001), Henry et MacLean (2002) et Jarrold et al. (2000) sur les déficits de la boucle phonologique chez les personnes atteintes d'une déficience intellectuelle modérée à sévère. En revanche, ils supposent que la capacité d'autorépétition de ces personnes est intacte, puisqu'elles montrent, dans leur étude, les effets de longueur des mots et de suppression articulatoire, qui attestent l'existence de la boucle phonologique et de la capacité d'autorépétition.

Jarrold et al. (1999, 2000) ont réalisé plusieurs recherches dans le but de confirmer des déficits de la composante verbale de la mémoire de travail chez les personnes souffrant du syndrome de Down et d'en examiner les causes. Ils construisent leur recherche sur des conclusions d'autres chercheurs (Wang & Bellugi, 1994) attestant d'un déficit de la boucle phonologique chez les personnes ayant des troubles spécifiques du langage et les personnes ayant le syndrome de Down, et à l'inverse d'un déficit de la composante visuo-spatiale chez les personnes atteintes du syndrome de Williams. En les évaluant sur les tâches de *rappel de nombres* et de *Corsi block*, Jarrold et al. (1999) répliquent les résultats de Wang et Bellugi, et tentent de justifier cela, sans support empirique, par un traitement différent des informations perceptives selon les différentes populations. Plusieurs chercheurs s'intéressent aux déficits spécifiques de la mémoire de travail en fonction des étiologies des participants, soit atteints du syndrome de Down (Lanfranchi et al., 2004 ; Lanfranchi, Carretti, Spanò et Cornoldi., 2009) soit du syndrome de l'X Fragile (Lanfranchi, Cornoldi, Drigo et Vianello, 2008). Ils relativisent les conclusions précédentes en introduisant une nouvelle variable, le niveau de

contrôle exigé par la tâche, soit le degré de processus cognitif actif requis pour manipuler des informations en mémoire de travail (Cornoldi & Vecchi, 2003), impliquant des processus de sélection, d'inhibition ou de transformation. Cette variable de contrôle détermine selon eux les performances de garçons atteints du syndrome de l'X Fragile, ces derniers montrant des difficultés quand le contrôle exigé par la tâche augmente, indépendamment de la nature visuo-spatiale ou verbale de la tâche (Lanfranchi et al., 2008). Pour les personnes atteintes du syndrome de Down mais présentant une déficience intellectuelle légère, Lanfranchi et al. (2009) montrent que malgré leurs meilleures performances dans des tâches de mémoire visuo-spatiale que dans des tâches de mémoire verbale, quelques réserves peuvent être émises. Par exemple, ces personnes réussissent des tâches de mémoire spatiale séquentielle (comme la tâche des *Corsi block*), montrant même de meilleurs résultats que le groupe contrôle de personnes de même âge mental sans difficulté de développement, alors qu'elles peinent dans des tâches de mémoire spatiale simultanée, telles que la *tâche de pattern visuel*. Par ailleurs, Lanfranchi et al., (2004) ne constatent pas de différences entre leur performance et celle du groupe contrôle de même âge mental dans des tâches impliquant uniquement la boucle phonologique, comme les tâches de *rappel de mots* dans le bon ordre ou dans l'ordre inverse. En revanche, ils constatent des difficultés de la part du premier groupe dans des tâches sollicitant l'administrateur central, comme les tâches de *rappel sélectif de mots*, ou de *rappel de mots à tâche double* (rappeler le premier mot d'une liste et taper sur la table quand un mot en particulier est prononcé), ces deux tâches exigeant plus de contrôle (Lanfranchi et al., 2004).

2.2.4. Entraînement de la mémoire de travail

Plusieurs recherches rapportent des résultats positifs à la suite d'un entraînement de la mémoire de travail chez des populations ayant une déficience intellectuelle. Le plus souvent, cet entraînement consiste en un apprentissage de certaines stratégies, comme la répétition, afin d'améliorer le score de rappel dans une tâche d'empan, par exemple de nombres ou de mots. Ainsi, Comblain (1994) a administré un entraînement de 8 semaines à des personnes ayant le syndrome de Down. Perrig et al. (2009) expliquent que la stratégie de rappel consiste à montrer les nouvelles images ou indiquer les nouveaux mots à retenir, un par un, en incitant à chaque nouvel item présenté une répétition générale dès le début de toute la liste ainsi présentée (*overt cumulative rehearsal* selon Connors, Rosenquist, Arnett, Moore et Hulme, 2008). Les résultats de Comblain (1994) indiquent une amélioration des performances de mémoire du groupe expérimental, par comparaison au groupe contrôle n'ayant pas reçu

l'entraînement. L'auteure fait cependant remarquer que l'effet de l'entraînement disparaît au second post-test, six mois plus tard, émettant l'hypothèse que les personnes ayant le syndrome de Down agissent comme les enfants d'un âge mental inférieur à 5 ans, en arrêtant d'utiliser des stratégies intensivement enseignées durant une certaine période dès la fin de celle-ci. En outre, Jarrold et al. (2000) font remarquer que ces améliorations de l'empan sont de l'ordre d'un demi à un item, ce qui ne constitue pas une très grande amélioration. Ces auteurs se penchent plus spécifiquement sur la mémoire verbale à court-terme des personnes ayant le syndrome de Down, et concluent que l'entraînement à la stratégie de répétition ne semble pas efficace dans une telle intervention, puisque l'on ne pointe pas la cause essentielle du déficit subi par ces personnes. En revanche, Connors et al. (2008) affirment que même un gain modeste d'empan chez ces personnes après intervention n'est pas négligeable. Dans leur étude avec des personnes présentant le syndrome de Down, un entraînement à la mémoire d'une durée de deux fois 3 mois (avec un temps séparatif de 3 mois en condition contrôle, avec des activités visuelles), à mesure de 10 minutes par jour, 5 fois par semaine, est administré par les parents à la maison, dans le but d'améliorer l'empan de la mémoire auditive de ces personnes. Les études se penchant sur cette optique sont nombreuses, puisqu'il apparaît que l'empan de mémoire chez cette population est très lié à leur capacité de langage et d'acquisition de vocabulaire. La même stratégie de répétition cumulative est enseignée à ces personnes durant l'entraînement. Il apparaît qu'une amélioration de l'empan de mémoire auditif, bien que minime, est possible, et serait probablement intensifiée si l'enseignement de la stratégie dépendait moins sur la communication verbale, supposent les auteurs. Une amélioration des performances dans des tâches de mémoire de travail et la corrélation des scores avec une tâche cognitive comme la lecture est démontrée par Turley-Ames et Whitfield (2003), également grâce à un entraînement à la stratégie de répétition.

Dans le même dessein d'entraîner les personnes ayant une déficience intellectuelle à une stratégie pour améliorer leur empan de mémoire, certaines recherches s'inscrivent plutôt dans l'approche métacognitive. Rinaldi et al. (2002) proposent par exemple de décharger la mémoire de travail de personnes ayant une déficience intellectuelle modérée en leur enseignant une stratégie de mémoire externe et en incitant à la verbalisation. Leur recherche confirme ainsi que ces personnes sont capables de développer de nouvelles stratégies. Bien que tous les participants n'aient pas utilisé la stratégie enseignée, ceux qui en ont fait usage ont effectivement amélioré leur performance de rappel dans une tâche de mémoire.

Par ailleurs, dans la conclusion de leur exposé de recherches, Perrig et al. (2009) posent justement comme nécessité aux tâches entraînant la mémoire de travail de ne pas encourager, ou du moins de minimiser, la formation de stratégies. Cette conclusion est en effet un reproche majeur que font Klingberg, Forssberg et Westerberg (2002) aux recherches qui proposent l'enseignement de stratégies de répétition. Ils expliquent ainsi que ces entraînements permettent probablement une rapidité plus développée des temps de réaction dans les situations de rappel, mais qu'ils ne conduisent pas à une augmentation de la capacité générale de mémoire de travail. Pour y remédier, ils suggèrent dans leur recherche (Klingberg et al., 2002) d'introduire deux éléments clés aux entraînements de la mémoire de travail: 1) une adaptation individuelle de la difficulté, par augmentation progressive ou diminution des items à rappeler selon le besoin, et 2) un temps d'entraînement standardisé, proposant ainsi 20 minutes par jour, durant 5 semaines, avec 4 à 6 jours d'entraînement par semaine. A ces recommandations, Buschkuhl et Jaeggi (2010) ajoutent que les tâches doivent être assez complexes pour entraîner différents processus, comme la tâche *n-back*, dans le but de favoriser le transfert, mais que la tâche simple (modalité visuo-spatiale ou auditive) est aussi effective que la tâche double (visuo-spatiale et auditive). Dans la tâche *n-back double*, qui s'effectue sur ordinateur, une séquence de carrés est montrée sur huit différentes positions, à intervalles de 3 secondes, et simultanément une séquence de huit consonnes est présentée de manière auditive. Le sujet doit donner une réponse dès qu'un des stimuli visuo-spatial ou auditif se répète après *n* positions présentées en amont dans les séquences (Perrig et al., 2009).

2.3. Raisonnement analogique des personnes présentant une déficience intellectuelle

Cattell (1971) distingue deux formes d'intelligence, soit deux composants du facteur *g*. La première est l'intelligence fluide (*Gf*), qu'il considère comme largement innée, permettant de raisonner de façon logique, de résoudre des problèmes et de s'adapter à de nouvelles situations. Elle se manifeste par exemple dans les épreuves de raisonnement inductif et déductif (séries, matrices, analogies, classifications). Sternberg (2008) ajoute que l'intelligence fluide est impliquée dans le raisonnement abstrait. La seconde forme d'intelligence décrite par Cattell est l'intelligence cristallisée (*Gc*), acquise, selon l'auteur, par les apprentissages et se manifestant par exemple dans les épreuves de vocabulaire, dans les analogies verbales et les capacités numériques. Sternberg (1982) explique que pour comprendre l'intelligence, il faut comprendre le raisonnement analogique. Ainsi, le

raisonnement analogique est souvent le plus testé pour mesurer l'intelligence. Ce dernier se définit comme la capacité de faire des inférences de règles relationnelles générales à partir de cas spécifiques, et de les appliquer à de nouveaux cas (Hessels & Hessels-Schlatter, 2008). Büchel (2006) précise que les tâches d'analogies sont plus que des tâches de comparaison, et que le raisonnement analogique est donc un prérequis au transfert des apprentissages.

Hessels et Hessels-Schlatter (2008) énumèrent les principaux processus cognitifs impliqués dans le raisonnement analogique et qui tendent à manquer chez les personnes ayant des difficultés d'apprentissage sévères, notamment les personnes ayant une déficience intellectuelle. Ils rapportent en effet que ces personnes ont des difficultés dans l'exploration et l'encodage des informations, ainsi que des limites de mémoire à court-terme, de la mémoire de travail et de l'attention sélective. En outre, ces personnes peinent à comparer de manière systématique les informations, abstraire les concepts, faire des inférences et appliquer ces dernières à de nouvelles situations. Büchel (2006) modère ces conclusions. Dans une recherche utilisant un test d'apprentissage, le ARLT (Analogical Reasoning Learning Test), auprès de personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère, il émet l'hypothèse que les personnes n'améliorant pas leurs scores au ARLT, après entraînement, mais réussissant de simples matrices de raisonnement analogique, souffrent uniquement de déficit de leur mémoire de travail, mais pas de la capacité de raisonnement par analogies. Il propose par conséquent d'empêcher la surcharge de la mémoire en faisant construire aux sujets les images manquantes dans les matrices du test de raisonnement analogique, au lieu de leur faire chercher la bonne image parmi les alternatives proposées, comme dans les tests classiques. L'auteur confirme cette hypothèse en appuyant que certains sujets réussissent des analogies à relation conceptuelle (fonctionnelle, partie-entité, catégorie) et échouent à des analogies perceptuelles plus simples (différence, addition, élimination, opposition), ce qui exclue le niveau de complexité des analogies comme critère de réussite, et suppose l'existence d'un autre critère, comme l'utilisation de mémoire externe. Mais ces résultats ne sont pas concluants, car non répliqués et infirmés par d'autres recherches (Hoch & Marx, 2001; Rinaldi, 2005), qui démontrent une corrélation substantielle entre la mémoire et le raisonnement analogique testé par les Matrices Analogiques de Construction sur ordinateur. Ainsi, le rôle de la mémoire n'est jamais totalement exclu. Par ailleurs, Rinaldi et al. (2002) affirment que les personnes ayant une déficience intellectuelle sont en effet capables de développer des stratégies, telles que la stratégie de mémoire externe. Ils précisent cependant que, même après entraînement, l'utilisation non automatisée de nouvelles stratégies requière

de l'attention, ce qui ne permet pas toujours une augmentation de leur performance. Cet entraînement de processus observés comme déficients chez des personnes ayant un handicap par rapport à des personnes sans handicap pour améliorer les performances cognitives des premières s'inscrit en effet dans le paradigme d'entraînement développé par Belmont et Butterfield (1977), qui vise à améliorer la construction de théories sur le fonctionnement cognitif. Concernant les capacités cognitives des personnes ayant une déficience intellectuelle importante, Hessels-Schlatter (2002) rapporte en effet qu'il n'existe que peu d'études, les études se penchant le plus souvent sur les capacités sociales et langagières de cette population.

2.3.1. Intelligence et capacité d'apprentissage

Malgré les processus manquant au raisonnement inductif des personnes ayant une déficience intellectuelle, il apparaît que leur capacité de raisonnement est cependant sous-estimée (Hessels-Schlatter, 2002 ; Rinaldi et al., 2002), et ce pour deux raisons: d'une part, ces personnes montrent un développement cognitif plus lent et non-spontané que les sujets tout-venants et, d'autre part, les tests d'intelligence statiques offrent des résultats non valides (Hessels & Hessels-Schlatter, 2008). Pour remédier à cette deuxième raison, des études se proposent d'évaluer l'intelligence de manière dynamique (Schlatter, 1999). L'un des premiers partisans de cette proposition, Rey (1934), suggère de mesurer l'intelligence autrement, par des tests d'apprentissage, sans toutefois amener de l'aide au sujet en cours d'apprentissage. Les travaux de Carlson et Wiedl (1992) proposent d'intégrer une aide standardisée dans les tests, et notamment Campione et Brown (1987) apportent une hiérarchie de niveaux d'aide à proposer au sujet en fonction du degré de réussite aux tests. En outre, prenant en considération des facteurs environnementaux tels que la culture et le statut-socio-économique des sujets, Budoff (1987, p.51) explique que des tests valides « must enable us to distinguish low IQ children who are relatively unintelligent, defined as not readily profiting from experience, from those who are relatively competent in non-school-related areas of life, and who are, therefore, more able to profit from experience ». Les premiers ainsi décrits sont qualifiés de *non-gainers*, et les autres sont les *gainers*. Budoff distingue également ces derniers des *high scorers*, classifiés comme faibles par les tests QI et montrant de très bons scores à effet de plafond, uniquement grâce au changement de matériel. Certains tests d'apprentissage suggèrent également une procédure en trois phases, sous forme pré-test, phase d'apprentissage, post-test. Cette phase d'entraînement permet ainsi une interaction pédagogique entre l'examineur et le sujet lors de l'évaluation dynamique (Schlatter, Büchel

et Thomas, 1997). Carlson et Wiedl (1995) prônent l'efficacité de l'utilisation des *feed-back* et de la verbalisation. Ainsi, les tests d'apprentissage « sont caractérisés par le fait qu'on introduit explicitement, dans le cadre de tâches servant à l'évaluation d'aptitudes intellectuelles, des mesures d'optimisation des performances de test » (Büchel, 1995, p.33). Enfin, la standardisation n'est pas garantie par tous les tests, mais elle dépend de l'objectif visé par l'instrument. Une procédure non standardisée s'avère par exemple plus appropriée pour une évaluation clinique, dans le but d'adapter une intervention aux difficultés spécifiques de la personne (Hessels & Hessels-Schlatter, 2010).

2.3.2. Amélioration de l'intelligence des personnes ayant une déficience intellectuelle

L'objectif *d'éduquer l'intelligence* des personnes ayant une déficience intellectuelle, ou du moins la rendre *perfectible* remonte notamment à Itard, Seguin et Binet, au début du siècle dernier. Certains constructeurs d'instruments d'évaluation dynamique de l'intelligence, comme Feuerstein et Guthke en particulier, considèrent ainsi que l'intelligence est modifiable par entraînement du raisonnement fluide, dans des tâches saturées en facteur *g*. Par ailleurs, certains principes pédagogiques permettent de favoriser l'entraînement de processus cognitifs chez les personnes ayant une déficience intellectuelle. Hessels et Hessels-Schlatter (2008) en indiquent plusieurs pour améliorer le raisonnement analogique de personnes ayant une déficience intellectuelle :

- 1) Utiliser du matériel manipulable, à la place du format papier-crayon.
- 2) Partager les processus de résolution en différentes séquences distinctes, pour assurer l'exploration, l'encodage des informations, l'analyse puis enfin la résolution.
- 3) Encourager à la description/verbalisation, car ceci permet la catégorisation des informations et la découverte de relations par une activation des concepts stockés dans la mémoire à long terme (Büchel, 2000), et ceci permet également au sujet d'autoréguler sa pensée et son comportement (Vygotsky, 1986).
- 4) Encourager à la comparaison et à l'abstraction de relations simples.

Sternberg (2008) explique ainsi que les idées d'un niveau de raisonnement non modifiable et d'une intelligence statique, telles que prônées par Jensen dans les années 70 semblent révolues, mais les recherches les plus nombreuses s'attachent à améliorer le raisonnement des personnes ayant une déficience intellectuelle en les entraînant sur les tâches sur lesquelles elles sont ensuite testées. Or des recherches récentes se penchent sur

l'amélioration de l'intelligence par l'entraînement de processus fondamentaux ou sous-jacents à la base de l'intelligence, comme la mémoire de travail, qui est vue comme la clé déterminante de l'intelligence fluide (Sternberg, 2008). De telles études n'ont encore pas été effectuées auprès de personnes ayant une déficience intellectuelle (Perrig et al., 2009), mais ont été faites auprès de diverses populations, engendrant différentes conclusions quant au transfert, comme nous le verrons dans la partie suivante. Nous devons apporter auparavant une distinction entre transfert proche et transfert éloigné, bien que ces concepts reposent sur des bases peu claires, comme le relèvent Perrig et al. (2009). En effet, ces auteurs expliquent que le transfert proche se réfère au transfert dans des tâches non-entraînées partageant des composantes similaires et communes avec les tâches entraînées, alors que dans le cas d'une absence de ressemblance des tâches, on parle de transfert éloigné. Pour ces auteurs, mémoire de travail et intelligence fluide partagent une base de neurones commune, comme en témoignent beaucoup de recherches (Halford, Cowan et Andrews, 2007 ; Klingberg et al., 2002), tout en différant à des niveaux conceptuel, opérationnel et empirique, ce qui laisse supposer un transfert éloigné.

D'autres études tentent enfin de développer le raisonnement analogique des personnes ayant une déficience intellectuelle à travers un enseignement métacognitif, sans entraînement de la mémoire de travail. Or, pour Büchel et Paour (2005), le transfert est une composante essentielle de l'intelligence, ce qui explique que les personnes ayant une déficience intellectuelle peinent à faire preuve d'un transfert de stratégies sans un entraînement explicite des fonctions exécutives (anticipation, planification, contrôle). Par ailleurs les recherches confirment qu'un transfert proche de stratégies enseignées n'est pas toujours évident (Brown, Campione et Murphy, 1974). Dans leur recherche, Rinaldi et al. (2002) font l'hypothèse que les participants qui reçoivent un entraînement à la stratégie de mémoire externe et à la verbalisation montrent un maintien de la stratégie de mémoire externe, et un transfert proche et éloigné de cette dernière sur différents types de tâches. Ils rapportent que tous les participants ne maintiennent pas la stratégie après entraînement, mais que ceux qui la maintiennent améliorent leur score dans des tâches de transfert proche (tâche de rappel de mots). En revanche, les auteurs notent l'absence de transfert éloigné de la stratégie de mémoire externe sur des tâches de raisonnement analogique, expliquant que l'utilisation de cette stratégie n'est probablement pas suffisamment explicite dans ces tâches et, par ailleurs, pas nécessairement utile. Alloway et al. (2009), dans une étude originale recrutant les participants sur la base d'un déficit de leur mémoire de travail afin d'en investiguer les caractéristiques, expliquent que ces personnes ne tendent pas à appliquer les stratégies de

mémoire qui leur sont enseignées dans un certain domaine, par exemple en lecture, à un autre domaine, comme en mathématiques. Cette conclusion est corroborée par les résultats de Connors et al. (2008), dans leur recherche auprès d'enfants atteints du syndrome de Down ayant reçu un entraînement à la stratégie d'auto-répétition. Les participants y montrent quelques gains en transfert proche dans le rappel de mots, mais pas dans un contexte plus large comme la mémoire de phrase ou la mémoire de travail verbale. Entraînant des personnes ayant une déficience intellectuelle au raisonnement analogique, Schlatter, Büchel et Thomas (1997) concluent également « que les apprentissages réalisés par ces sujets restent spécifiques au type de tâches compris dans le test, et qu'une généralisation ne peut être raisonnablement espérée » (p.52). Bosson et al. (2010) corroborent ces résultats auprès d'élèves présentant des difficultés générales d'apprentissage sans déficience intellectuelle, expliquant ainsi le phénomène de « déficit d'utilisation » : l'utilisation des stratégies nouvellement acquises demande une surcharge des ressources attentionnelles, ne favorisant pas l'amélioration escomptée des performances. Ceci indique que le transfert se montre difficile et représente une caractéristique exemplaire auprès des élèves de manière générale.

2.3.3. Amélioration de l'intelligence par l'entraînement de la mémoire de travail

Perrig et al. (2009) reconnaissent que, malgré de nombreuses recherches appuyant la thèse d'une amélioration de la performance des sujets dans des tâches cognitives dans lesquelles elles ont reçu un entraînement, des preuves d'un transfert sur des fonctions non entraînées demeurent, quant à elles, rares. Or Sternberg (2008) déclare que l'intelligence peut être améliorée par l'effet de l'entraînement de la mémoire de travail, au vu des résultats de la recherche de Jaeggi et al. (2008). Ces derniers ont entraîné 34 jeunes universitaires à la tâche de *n-back*, durant un temps variable (8, 12, 17 et 19 jours), et ont observé l'évolution de leurs résultats aux *Matrices Progressives Avancées* de Raven entre le pré-test et le post-test. Les chercheurs ont comparé leur performance à celle d'un groupe contrôle de 35 jeunes universitaires n'ayant pas reçu l'entraînement à la mémoire de travail. Les résultats du groupe expérimental montrent une plus grande amélioration que ceux du groupe contrôle. Selon les auteurs, ce gain en intelligence fluide ne dépend pas de la capacité de mémoire initiale, et dépend uniquement de l'entraînement, et de la durée de ce dernier, sans égard à des différences interindividuelles préexistantes d'intelligence ou de capacité de mémoire de travail. Les auteurs confirment donc l'effet d'un transfert, expliquant que la tâche de mémoire

de travail et le test de raisonnement analogique impliquent des processus cognitifs communs, notamment le contrôle de l'attention. En effet, d'après Perrig et al. (2009), un aspect important pour rendre l'entraînement effectif est l'implication de l'attention sélective, qui permet l'inhibition des éléments non pertinents pour la tâche. Zampini (2006) appuie ce propos par l'idée que « empan complexe = empan simple + contrôle de l'attention ». Par ailleurs, Perrig et al. (2009) attribuent à l'attention un rôle essentiel pour le transfert, expliquant que les personnes qui se concentrent et s'améliorent de manière continue durant la période d'entraînement montrent un important effet de transfert éloigné.

D'autres chercheurs appuient la possibilité d'un transfert auprès de sujets sans difficultés. Ainsi, Karbach et Kray (2009) ont entraîné trois groupes de sujets, séparés selon leur âge chronologique (enfants, jeunes et adultes), sur des tâches de mémoire de travail d'empan complexe, 30 à 40 minutes quotidiennement durant quatre jours. Ils concluent que tous les participants montrent une amélioration de leur intelligence. Ces résultats contrastent cependant avec ceux de Dahlin, Stigsdotter Neely, Larsson, Bäckman et Nyberg (2008), qui ont entraîné des sujets à la mémoire de travail avec des tâches d'empan complexe également. Leurs résultats supposent une amélioration sur des tâches de transfert proche, mais uniquement chez les jeunes participants, et aucun transfert éloigné sur le raisonnement analogique, évalué par les *Matrices Progressives Avancées* de Raven. Ces résultats diffèrent de ceux de Li et al. (2008). Ils ont entraîné des participants à des tâches *two-back* de mémoire de travail visuo-spatiale et ils constatent un transfert proche auprès des sujets plus âgés, mais non auprès des sujets jeunes. Par ailleurs, ils ne relèvent pas de transfert auprès des participants de tout âge sur des tâches d'empan plus complexe. Thorell, Lindqvist, Bergman, Bohlin et Klingberg (2009) n'observent pas non plus d'amélioration de l'intelligence d'enfants sans difficultés d'âge préscolaire ayant reçu un entraînement de la mémoire de travail sur des tâches d'empan visuo-spatiale et verbal sur ordinateur.

Des résultats positifs de transfert sont rapportés par certains auteurs auprès de sujets présentant un trouble de l'attention/hyperactivité (ADHD). Klingberg et al. (2002) ont entraîné sept enfants atteints d'ADHD sur des tâches de mémoire de travail (*empan visuel, empan numérique inverse, empan de lettres, tâche go-no go*) sur ordinateur, à mesure de 25 minutes par jour durant cinq à six semaines. Ils remarquent un gain significatif des scores du groupe entraîné dans des épreuves de raisonnement analogique (*Matrices Progressives Colorées* de Raven), par rapport à un groupe contrôle de même âge chronologique, présentant aussi un ADHD, mais n'ayant pas bénéficié de l'entraînement. Ils notent également que l'entraînement de la mémoire de travail engendre un effet significatif sur le comportement

moteur et l'inhibition de ces enfants. En 2005, Klingberg et al. effectuent une autre étude avec un échantillon plus grand (53 enfants présentant un ADHD), avec un programme d'entraînement comprenant des tâches d'empan de phonèmes, de lettres, de chiffres et de mémoire de travail visuo-spatiale, et obtiennent des résultats similaires à l'étude précédente. Remarquons que les tâches d'entraînement à la mémoire de travail utilisées dans ces deux études présentent la particularité de s'adapter au niveau des sujets, en augmentant progressivement les items à rappeler lors d'une réussite, et en les diminuant lorsque le sujet fait une erreur de rappel. Les mêmes résultats d'un transfert positif sur le raisonnement analogique sont apportés par une recherche menée par le groupe de recherche de Perrig et al. (2009)., auprès de quinze enfants atteints d'ADHD ayant reçu un entraînement de vingt jours, à mesure de deux fois 6 minutes quotidiennement, sur une tâche d'empan complexe. Mais Holmes, Gathercole et Dunning (2009), dans une recherche utilisant le même programme d'entraînement que celui de Klingberg et al. (2005), avec des participants présentant un déficit de la mémoire de travail, n'obtiennent pas une amélioration de leur intelligence.

Buschkuehl et Jaeggi (2010) proposent pour les futures recherches que le groupe contrôle ait un rôle actif, afin que l'on puisse mesurer d'autres effets, tels que le facteur motivationnel, le temps d'engagement avec l'ordinateur ou l'interaction sociale. En outre, ces auteurs proposent que l'effet de l'entraînement soit mesuré au-delà des tâches testées, par exemple au niveau de la réussite académique ou dans les tâches quotidiennes. Ils attribuent ainsi une certaine importance aux différences interindividuelles dans de telles études. Il résulte également de l'étude de Jaeggi et al. (2008) que le temps d'entraînement joue un rôle important. Ces derniers auteurs suggèrent cependant d'autres recherches longitudinales pour évaluer le maintien à long terme de l'effet de l'entraînement à la mémoire de travail, et à plus court terme, la durée maximale d'un entraînement au-delà duquel plus de gain d'intelligence fluide ne serait possible.

2.4. But de la recherche

Depuis que les recherches prouvent l'importance de la mémoire de travail pour la capacité d'apprendre et pour les fonctions cognitives comme la lecture (Daneman & Carpenter, 1980), les études se multiplient dans le but d'améliorer la capacité de cette fonction, auprès de toutes les populations. L'intérêt de la recherche présentée dans le cadre de ce mémoire se joint dans cette perspective, en touchant les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère. Comme le soulèvent Perrig et al. (2009), il semble nécessaire

d'augmenter les connaissances que nous avons aujourd'hui afin de cibler les soutiens et les interventions qui s'offrent à ces personnes. L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet d'un entraînement de leur mémoire de travail sur leurs compétences de raisonnement.

2.4.1. Questions de recherche

Trois questions de recherche guident ce travail:

1. Le groupe expérimental recevant un entraînement à la mémoire de travail améliore-t-il plus ses performances de rappel au terme de ce dernier que le groupe ne bénéficiant pas de l'entraînement ?
2. Peut-on constater en outre une amélioration des performances au test de raisonnement analogique dans cet échantillon ? Si oui, cette amélioration est-elle plus importante chez le groupe expérimental ayant reçu l'entraînement de la mémoire de travail ?
3. Dans le cas d'une amélioration des performances de certains participants au test de raisonnement analogique, peut-on l'expliquer par leurs scores à un test d'apprentissage, le HART, témoignant d'une meilleure capacité d'apprentissage de ces participants ?

2.4.2. Hypothèses de recherche

Dans un premier temps, nous pensons que les personnes qui ont été soumises à l'entraînement de leur mémoire de travail quotidiennement durant quinze jours sont plus susceptibles que le groupe contrôle d'augmenter leur empan de rappel. Bien qu'une durée de trois semaines soit le temps minimum rapporté par les études faites à ce jour pour voir un effet de l'entraînement (Buschkuhl, Jaeggi, Kobel et Perrig, 2008), les contraintes pratiques dans cette étude n'ont pas permis un plus long entraînement. Nous pensons également qu'une amélioration de la performance du groupe expérimental au test d'analogies, les *Matrices Progressives Colorées* (CPM de Raven, 1956), en lien avec leur performance dans les tâches de mémoire, est improbable, vu la difficulté d'un transfert éloigné chez ces populations. Ainsi nous attendons une faible corrélation entre les gains, du pré-test au post-test, aux tâches de mémoire et au CPM. Cependant, si les résultats montrent une amélioration du raisonnement analogique du groupe expérimental, nous pensons qu'il s'agit d'un artefact des instruments utilisés, soit un apprentissage dû à la simple répétition du test. En effet, un tel transfert sans enseignement explicite dans le nouveau domaine ne semble pas envisageable chez ces

populations, comme le prouvent plusieurs recherches exposées plus haut. Les résultats au test d'apprentissage (le HART) doivent donc permettre d'interpréter d'éventuels progrès dans les deux groupes, autant expérimental que contrôle, grâce à la distinction qu'il fait entre les différents niveaux de capacité d'apprentissage. Nous pensons que les personnes améliorant leur performance au CPM ont un meilleur potentiel d'apprentissage, évalué par le HART, indépendamment d'un entraînement à la mémoire de travail, ce qui infirme l'hypothèse d'un effet direct de ce dernier sur le raisonnement analogique des personnes ayant une déficience intellectuelle.

III. Méthodologie

3.1. Plan de recherche

La partie empirique de cette recherche s'est déroulée sur environ un mois et demi, après soumission à l'accord parental des participants. Dans un premier temps, tous les participants ont effectué, dans une procédure individuelle, les pré-tests de la mémoire de travail (quatre tâches sur ordinateur) et du raisonnement analogique (*Matrices Progressives Colorées*, CPM de Raven). Le groupe d'adolescents les a effectués en une séance d'environ 45 minutes, tandis que le groupe des adultes les a faits en deux séances, d'environ 20 minutes pour chaque test. Deux adolescents ont passé les pré-tests deux semaines plus tard en raison d'une attente de l'accord parental. L'entraînement a commencé à ce moment-là, et a duré 15 jours pour tous les participants du groupe expérimental. Au terme de cette période expérimentale, tous les participants ont à nouveau effectué individuellement les tests initialement proposés, dans une phase de post-test, en une seule séance cette fois-ci. Finalement et sans délai, nous avons administré un test d'apprentissage (Hessels Analogical Reasoning Test, HART) à tous les participants, d'une durée de 30 à 40 minutes, de manière individuelle.

3.2. L'échantillon

L'échantillon de cette recherche se constitue de 13 personnes issues de deux établissements d'une institution spécialisée à Genève. Leur âge varie entre 16;3 ans et 54 ans. Neuf sont issus d'une classe socio-économique moyenne, trois d'un milieu défavorisé et un participant a un statut socio-économique élevé. Le critère de choix des participants dans les établissements était leur habileté à se servir d'une souris d'ordinateur afin de pouvoir effectuer les tâches de mémoire de travail du logiciel, ainsi que la condition d'une absence d'autre participation à des recherches entraînant la mémoire de travail auparavant. Le choix du groupe expérimental et du groupe contrôle s'est fait de manière aléatoire en fonction de la disponibilité des participants sur toute la période de la recherche, mais de manière à équilibrer les deux groupes selon l'âge chronologique des participants. Les critères d'âge mental et de niveau de mémoire apparaissent ainsi après répartition des groupes et n'ont pas pu être contrôlés au départ. Le tableau 1 résume ces données relatives aux participants.

Tableau 1: Distribution des participants en fonction de la condition (GC = groupe contrôle sans entraînement; GE = groupe expérimental avec entraînement), par âge, sexe et statut socio-économique.

		Age (années; mois)			Sexe		Statut socio-économique		
		Min.	Max.	Moy.	Masc.	Fém.	Faible	Moyen	Elevé
GC (n=6)	Adolescents	16;8	18;4	17;6	2	0	-	1	1
	Adultes	31;8	54;0	42;6	1	3	2	2	-
GE (n=7)	Adolescents	16;3	18;6	17;4	3	1	1	3	-
	Adultes	32;1	53;8	43;0	1	2	-	3	-

3.3. Les instruments d'entraînement de la mémoire de travail

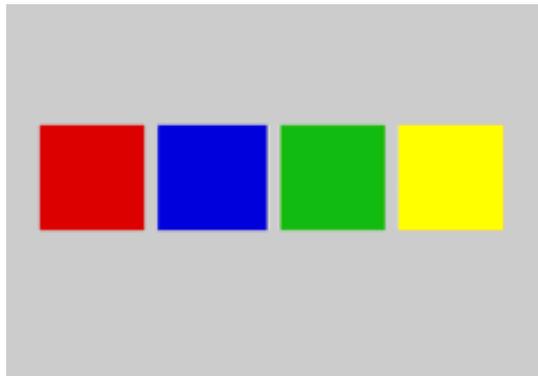
Les instruments d'entraînement de la mémoire de travail que nous avons utilisés proviennent d'un logiciel nommé *Brain Twister*, créé par l'équipe de recherche de Perrig (Buschkuehl et al., 2008) à Berne. Ces entraînements s'effectuent sur ordinateur, les données pouvant être conservées individuellement pour chaque participant. Les tâches de ce logiciel sont choisies par ces chercheurs dans le but d'entraîner les processus cognitifs et les fonctions sous-jacentes, afin de permettre le transfert de la performance à d'autres tâches non-entraînées. Avec le *Brain Twister*, on peut contrôler le temps de l'entraînement en fonction du nombre de minutes ou du nombre d'essais. En outre, les tâches s'adaptent à différents niveaux de participants, augmentant progressivement la difficulté, donc le nombre d'items à rappeler, lorsque le participant s'améliore, et diminuant la complexité lorsque la performance du participant diminue (Buschkuehl et al., 2008). En effet, le nombre d'items à rappeler augmente d'une unité à chaque réussite du sujet et diminue de même si le sujet fait une erreur. Le degré de difficulté peut également être défini avant le commencement de la tâche. Dans la recherche présentée ici, nous avons toujours laissé le niveau 1 comme degré de difficulté initial. Un feed-back est donné visuellement à l'utilisateur à chaque essai, signalant ainsi « Bravo ! Tout était correct ! » ou « Une erreur s'est malheureusement glissée durant l'exercice » en fonction des réponses de l'utilisateur. Pour une utilisation optimale des tâches, les auteurs recommandent un entraînement d'au moins trois semaines.

Les tâches sont présentées ci-dessous selon leur ordre de complexité croissant. Pour des raisons relatives au niveau majeur de difficulté, la *tâche de n-back* présente dans le logiciel *Brain Twister* ne figure pas dans le cadre de cette recherche.

3.3.1. *Senso*

Cette tâche est la plus simple du logiciel. Les auteurs la proposent comme tâche d'introduction à des participants qui n'auraient pas l'habitude de l'usage de la souris d'ordinateur, et suggèrent un court temps d'entraînement pour cette tâche, au maximum 6 minutes par jour. Sur une ligne de quatre items (au choix: des fleurs, des ronds bleus ou des ronds de couleurs différentes), un certain nombre d'items clignote dans un ordre aléatoire. Le participant doit alors répéter la séquence qu'il a mémorisée, en cliquant dans le bon ordre sur les items qui ont ainsi été mis en évidence. Nous avons utilisé dans cette recherche uniquement la variante des carrés colorés.

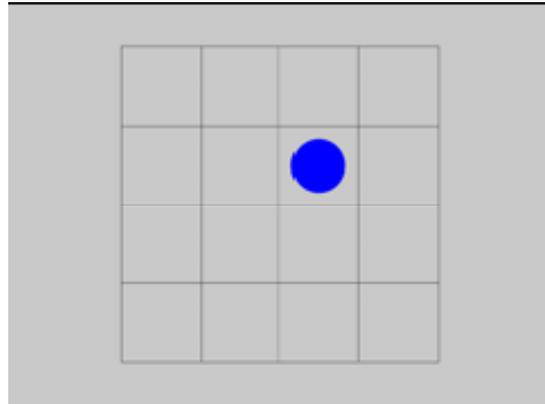
Figure 1: Tâche de mémoire de travail *Senso*



3.3.2. *Visuo-spatial*

Dans cette tâche, une séquence de points bleus clignote dans les cases d'une grille quadrillée 4 par 4, donnant donc une possibilité de 16 positions différentes à mémoriser. Le participant doit répéter la séquence en cliquant avec la souris de l'ordinateur sur les cases où sont apparus les points bleus.

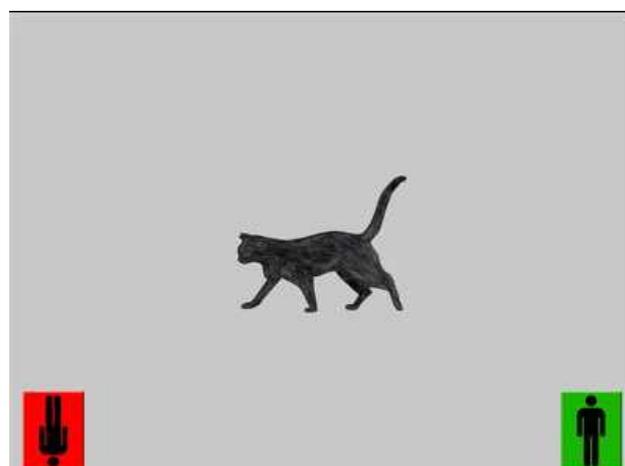
Figure 2: Tâche de mémoire de travail *Visuo-spatial*



3.3.3. *Chat et chien*

Le participant a une double tâche à effectuer, puisque à la tâche de mémorisation des séquences proposées est ajoutée une composante de traitement de l'information. Les items, images d'un chien ou d'un chat, apparaissent soit à l'endroit, soit à l'envers. Pendant la présentation de la séquence, le participant doit donc, aussi rapidement et précisément que possible, décider si l'image est à l'endroit ou à l'envers, et cliquer alors sur le bouton droit de la souris de l'ordinateur dans le premier cas, et sur le bouton gauche dans le second cas. A la fin de la présentation de la séquence, il répète alors simplement l'ordre d'apparition des items, tous présentés alors à l'endroit. Pour accéder à un degré de difficulté supérieur de la tâche, donc voir les items augmenter progressivement, il faut aussi bien rappeler correctement les items présentés, qu'effectuer correctement la décision de la position des items lors de leur présentation.

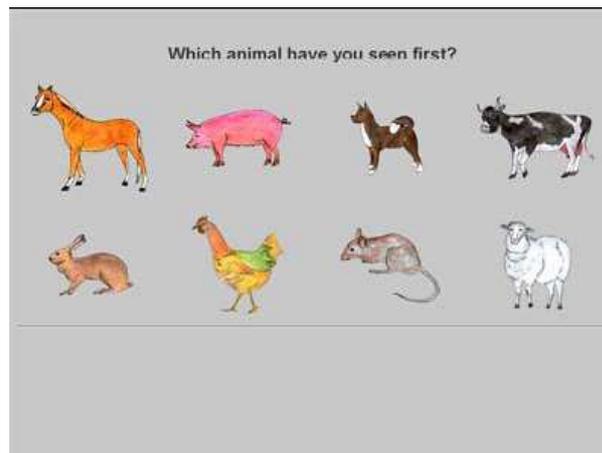
Figure 3: Tâche de mémoire de travail *Chat et chien*



3.3.4. Animaux

Cette tâche fait suite à la tâche précédente car il s'agit du même principe, mais avec un choix d'items plus élevé, s'élevant à 8 items différents, rendant la tâche un peu plus complexe. Les items sont également des animaux: cheval, cochon, chien, vache, lapin, coq, souris et mouton. La procédure de la tâche est identique à celle de *Chat et chien*, présentée ci-dessus.

Figure 4: Tâche de mémoire de travail *Animaux*



3.4. Les instruments des pré-tests et post-tests

3.4.1. Mémoire de travail

Chaque participant a effectué les quatre tâches de mémoire de travail du *Brain Twister* dans une phase de pré-tests, puis environ cinq semaines plus tard dans une phase de post-tests. Les tâches sont les mêmes que celles décrites plus haut : *Senso*, *Visuo-spatial*, *Chat et chien* et *Animaux*. L'examineur s'est assuré de la compréhension du participant pour chaque tâche, au cours des phases de pré-tests et post-tests, en effectuant en premier un exemple de 2 ou 3 séries. Le participant a ensuite effectué 10 séries de chaque tâche.

3.4.2. Test de raisonnement analogique : les *Matrices Progressives Colorées* (CPM)

Le test des *Matrices Progressives* créé par le psychologue anglais John Raven, et dont la première édition date de 1938, représente l'un des dix tests les plus utilisés dans le monde aujourd'hui auprès des enfants et des jeunes, et le plus connu des tests de facteur *g*, comme le soulignent Huteau et Lautrey (1999). Ces auteurs expliquent que dans de tels tests, les sujets

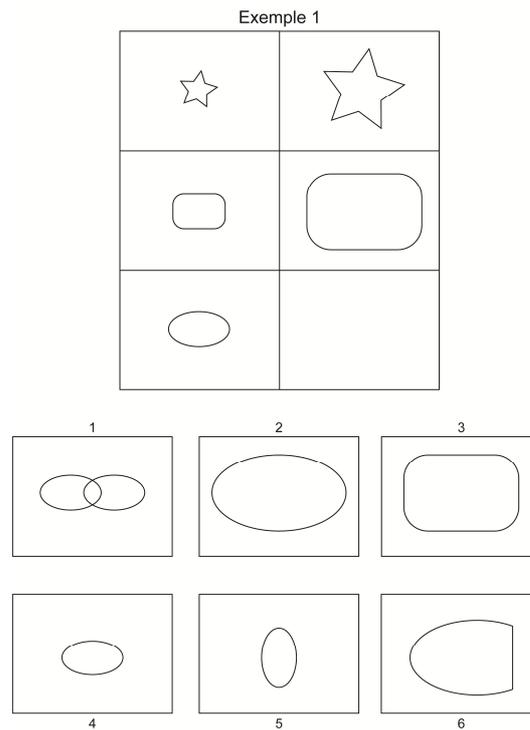
doivent induire des lois de transformation sur des séries de dessins géométriques n'ayant pas de signification particulière. La version du CPM, sets A, Ab, B, créée en 1947 par Raven, se veut plus facile, pour être utilisée à partir de 5 ans (Huteau & Lautrey, 1999), ainsi que par les personnes âgées et les personnes présentant une déficience intellectuelle. Il s'agit de 3 sets de 12 items chacun, de difficulté plus ou moins croissante, avec toujours 6 alternatives proposées. Dans la série A, il s'agit de compléter des patterns visuels colorés. Dans les séries Ab et B, le sujet doit faire des analogies dans des matrices 2x2 ou compléter des patterns visuels colorés présentés dans des matrices 2x2 également. Les derniers items du set Ab et, en particulier, les items de la série B, nécessitent en outre un raisonnement inductif de la part du sujet. Plusieurs recherches valident les caractéristiques psychométriques de ce test statique d'intelligence. Pour la fidélité, Raven (1962) rapporte par exemple, dans le manuel des *Matrices Progressives*, les alphas de Cronbach de trois échantillons de personnes (.76 pour un groupe de 10;6 ans, .86 pour un groupe de 12;6 ans et .91 pour les adultes). Panek et Stoner (1980) rapportent des différences significatives en moyennes selon l'âge des participants tout-venants de leur étude, mettant en évidence que le test discrimine en fonction de l'âge, en dehors de toute considération sur le niveau de l'éducation ou le sexe. Carpenter et al. (1990) analysent également les résultats de 45 étudiants universitaires à la version plus complexe, les sets I et II des *Matrices Progressives Avancées*, soulignant que l'abstraction des relations et la capacité à gérer de manière dynamique, en mémoire de travail, un grand nombre de moyens de résolution de problème, constituent les processus les plus discriminants entre individus. Dans un registre quelque peu différent, l'étude de Pueyo, Junqué, Vendrell, Narberhaus et Segarra (2008) confirme quant à elle la validité prédictive des *Matrices Progressives Colorées* auprès de populations d'adultes ayant un déficit des fonctions cognitives lié à une paralysie cérébrale.

3.4.3. Test d'apprentissage: le Hessels Analogical Reasoning Test (HART)

Dans cette recherche, un test d'apprentissage a été administré auprès de tous les participants dans la phase de post-tests, dans le but de différencier la capacité d'apprentissage des participants. Le HART est un test qui évalue le potentiel d'apprentissage d'élèves âgés entre 5 à 18 ans, issus d'écoles ordinaires ou spécialisées, ou de personnes ayant une déficience intellectuelle légère à modérée, dans le domaine du raisonnement analogique et des capacités cognitives générales. L'auteur du test explique ainsi: « le raisonnement analogique a

été choisi parce qu'il est considéré comme étant en lien étroit avec le facteur d'intelligence générale (facteur *g*), sensible au développement et aux différences interindividuelles, et que cette capacité peut être significativement améliorée par un entraînement » (Hessels & Tiekstra, 2010, p.53). En outre, Gassner (2009) précise que ces tâches permettent de réduire les biais dus au langage, à la culture ou à l'éducation. Enfin, bien que ceci ne concerne pas principalement l'échantillon choisi dans le cadre de cette recherche, notons que les tâches de type non-scolaire sont souvent préférées afin d'éviter d'éventuels rappels d'échec de certains participants face à des tâches scolaires. Ainsi, les items du HART se présentent sous forme d'analogie, dans des matrices 2x3 (avec un choix de 6 réponses) ou 3x3 (avec un choix de 8 réponses), semblables notamment aux *Matrices Progressives Standards* de Raven (1958). D'un point de vue pragmatique, c'est un test qui se fait en trois parties, pour une durée totale de 30 à 45 minutes. En format papier-crayon ou sur ordinateur, il peut être mené individuellement ou en groupe. Dans cette recherche, nous avons choisi la passation individuelle, en format papier, l'examineur notant les réponses que donne le participant. La procédure de passation se déroule ainsi: dans une première phase, deux items d'introduction sont présentés à l'élève en guise de familiarisation à la tâche. Puis un entraînement d'une vingtaine de minutes est effectué, au cours duquel, comme le relèvent Hessels et Tiekstra (2010), l'examineur incite le participant à verbaliser les attributs et le choix des alternatives jugées correctes, discute avec lui des processus de comparaison systématique entre les éléments et favorise l'abstraction des règles et des concepts. L'examineur entraîne ainsi l'élève à repérer, sur chaque ligne, le changement qui s'opère, afin de déduire l'image manquante à la dernière ligne et s'en faire une image mentale, puis la rechercher parmi les alternatives proposées. Dans l'exemple montré ci-dessous (premier item d'introduction), la petite étoile devient grande, donc la règle à abstraire est un changement de la taille de la figure. Enfin, une série de 20 items est proposée en tant que test à la fin de l'entraînement.

Figure 5: Premier item d'introduction du HART



Plusieurs études ont été faites à ce jour sur le HART afin d'en évaluer les caractéristiques psychométriques, telles que la validité conceptuelle et la validité prédictive (Berger, 2003 ; Bider & Linder, 2005 ; Rumley, 2007 ; Tiekstra, 2007) ou l'efficacité de l'entraînement (Bosson, 2003). On distingue dans ces études différentes procédures de passation: familiarisation – pré-test – entraînement – post-test ; pré-test – entraînement – post-test ; entraînement – test. Plus récemment, de nouvelles recherches ont été menées afin d'appuyer les résultats de ces études et apporter de nouvelles données. Ainsi, Hessels (2009) a estimé différents aspects de la validité de ce test d'apprentissage à l'aide d'une corrélation de scores sur des tests dynamiques de mathématiques et de géographie, dans le but de confirmer les caractéristiques psychométriques du HART auprès des élèves les moins performants face à un nouveau domaine d'apprentissage. Il montre en effet que la passation dynamique du HART (effectuée en post-test) a une meilleure validité prédictive pour les tests de mathématiques et de géographie administrés que la forme statique du HART faite en pré-test, et ce particulièrement auprès des populations à risque. Ces résultats sont corroborés par la recherche de Tiekstra, Hessels et Minnaert (2009), utilisant le HART et un test dynamique de chimie auprès d'adolescents ayant une déficience intellectuelle légère. Dans un article récent, Hessels et Tiekstra (2010) ajoutent que les différentes recherches sur ce test d'apprentissage montrent que la phase de familiarisation au test est prépondérante pour garantir la validité de

construct, que l'entraînement est également important, tandis que le pré-test du HART ne joue pas un rôle de validité prédictive et n'informe pas sur la classification des élèves, concluant ainsi qu'une procédure au format entraînement-test est efficace et plus économique.

3.5. Méthode d'analyse des données

La moyenne des scores aux tâches de mémoire de travail s'est faite sur la base de la longueur des séquences d'items, et non sur le nombre de séquences réussies par les participants. D'après Buschkuehl et al. (2008), cette méthode assure mieux la fidélité, car le nombre d'items réussi par les participants est pris en compte de manière automatique par l'adaptation de la difficulté au niveau du participant au cours de la tâche. Le calcul des scores moyens au CPM (pré-test et post-test) et au HART s'est fait sur la base du nombre d'items réussis. Nous avons effectué une analyse comparative des scores aux différents tests (t-tests et ANOVA), entre ceux du groupe expérimental ayant reçu l'entraînement et ceux du groupe contrôle n'ayant pas bénéficié de l'entraînement. Des analyses de régression sont également présentées dans le chapitre suivant afin de déterminer la prédiction des gains aux tests. Pour tester nos hypothèses, des tests unidirectionnels (one-tailed) sont effectués dans l'analyse des relations entre les scores aux différents tests, ainsi que dans l'analyse de régression entre les gains résiduels dans les différentes tâches, dans le but de prendre en compte uniquement une amélioration des gains. Le gain résiduel est une mesure de progrès entre pré- et post-test, qui résulte d'une analyse de régression avec le post-test comme variable dépendante et le pré-test comme variable indépendante. Le gain résiduel est la partie du score au post-test des participants non prévue par les scores au pré-test. La fidélité du CPM et du HART est également estimée. Pour l'analyse des données dans le cadre de cette recherche, nous avons utilisé comme programme le logiciel de statistiques SPSS 16.0

IV. Résultats

4.1. Fidélité

Les alphas de Cronbach au test de raisonnement analogique et au test d'apprentissage ont les valeurs suivantes: .874 au pré-test du CPM, .871 au post-test du CPM et .17 au HART. En ce qui concerne les items du CPM, la fidélité est ainsi garantie. Pour ce qui est du HART, la faible valeur de l'alpha de Cronbach et nos analyses montrent que la seconde partie du test est trop difficile pour les participants, tous les items ne contribuant pas à la mesure. Une telle fidélité pour le HART est la plus faible observée jusqu'ici dans les recherches. Cependant, ces mesures de fidélité doivent être considérées au vu de la petite taille de l'échantillon.

4.2. Mémoire de travail et raisonnement analogique

4.2.1. Moyennes et écart-types

Le tableau 2 illustre les moyennes des scores d'empan de mémoire obtenus par le groupe expérimental et le groupe contrôle aux quatre tâches proposées au pré-test et au post-test, ainsi que leurs moyennes au CPM.

Tableau 2 : Scores moyens (M) et écarts-types (SD) aux tâches de mémoire de travail et au test de raisonnement analogique (CPM), au pré-test et au post-test, pour le groupe contrôle (GC) et le groupe expérimental (GE).

	Pré-tests				Post-tests			
	GC		GE		GC		GE	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Senso	2.5	0.3	2.7	0.6	2.7	0.5	3.0	0.7
Visuo-spatial	2.4	0.3	2.4	0.6	2.6	0.5	2.8	0.6
Chat et chien	1.3	0.4	1.7	0.9	1.5	0.4	2.5	0.8
Animaux	1.3	0.4	1.8	0.7	1.4	0.5	2.3	0.5
CPM	18.2	5.8	21.0	5.2	18.7	6.2	23.0	5.1

Par observation des moyennes, on note que les deux groupes présentent un gain dans toutes les tâches de mémoire ainsi que dans le CPM. Dans les résultats du test de raisonnement analogique, la comparaison par t-test (two-tailed) nous montre que, pour le groupe contrôle, il n'y a pas de changement considérable dans la moyenne des scores entre le pré-test et le post-test. En revanche, le groupe expérimental présente une légère hausse au post-test, d'une moyenne de 2 points. Cette différence de moyenne entre les deux tests n'est

cependant pas significative, donc on ne peut pas conclure à un effet au niveau du raisonnement analogique.

Les différences des résultats entre le pré-test et le post-test dans les tâches de mémoire de travail indiquent des effets différenciés en fonction des quatre tâches distinctes. Ainsi, les améliorations dans toutes les tâches pour le groupe contrôle ne sont pas significatives. Le groupe expérimental montre quant à lui une amélioration significative dans les tâches de *Senso*, *Chat et chien* et *Animaux*, mais pas dans celle de *Visuo-spatial*.

Enfin, les comparaisons par t-test montrent que les différences entre les deux groupes au pré-test ne sont pas significatives, ce qui signifie que les groupes sont au départ bien équilibrés.

4.2.2. Comparaison des moyennes des effets de l'intervention des deux groupes

La comparaison intergroupe des performances dans le pré-test et le post-test des différentes tâches est présentée par l'analyse de variance dans le tableau 3.

Tableau 3: Comparaisons par ANOVA entre le GC et le GE entre le pré-test et le post-test (F), avec indice de signification (p) et indice de taille d'effet (η^2), pour les tâches de mémoire et de raisonnement analogique.

	$F_{1,10}$	p	η^2
Senso	.910	.36	.08
Visuo-spatial	.188	.67	.02
Chat et chien	5.636	.04	.36
Animaux	5.697	.04	.36
CPM	1.181	.30	.11

Nous pouvons constater que seules les différences de performance entre les groupes dans les tâches de *Chat et chien* et *Animaux* sont significatives ($p \leq .05$), signifiant que la performance du groupe expérimental est, de manière significative, meilleure que celle du groupe contrôle pour ces tâches. La taille de l'effet (.36) est considérée comme grande. Ces dernières tâches sont vues comme des *tâches d'empan complexe*, car elles impliquent une double fonction, soit le rappel des items et la distinction gauche-droite pendant la présentation des items, avec manipulation de la souris d'ordinateur, et elles nécessitent de la rapidité. Le CPM ne montre qu'un petit effet non significatif.

4.3. HART

Les moyennes des scores au test d'apprentissage, qui a été administré dans la phase de post-test uniquement, sont illustrées dans le tableau 4.

Tableau 4: Scores moyens au test d'apprentissage (HART) pour le groupe contrôle (GC) et le groupe expérimental (GE) et comparaison par ANOVA entre les groupes (F) avec indice de signification (p) et indice de taille d'effet (η^2).

	M	SD	F_{1,11}	p	η^2
GC	4.83	2.31	2.618	.13	.19
GE	6.43	1.13			

Nous pouvons voir que la moyenne du groupe contrôle apparaît inférieure à celle du groupe expérimental. Cependant, l'analyse de variance par ANOVA ne révèle pas une différence significative entre les groupes.

4.4. Relations entre CPM et HART

Le tableau 5 relève les corrélations entre les deux phases (pré et post-test) du test de raisonnement analogique, puis respectivement avec le HART.

Tableau 5: Corrélations (one-tailed) de Spearman entre le pré-test et le post-test du CPM, entre le HART et le pré-test CPM et entre le HART et le post-test CPM pour le groupe contrôle (GC) et le groupe expérimental (GE).

	CPM pré-test – CPM post-test	CPM pré-test – HART	CPM post-test – HART
GC	.87*	.38	.55
GE	.78*	-.07	.51

*significatif à $p < .05$

Ce tableau indique que, pour le groupe expérimental comme pour le groupe contrôle, il y a une corrélation significative entre le pré-test et le post-test des *Matrices Progressives Colorées*. Nous pouvons en revanche constater que, pour les deux groupes, il n'y a que peu de corrélation entre le HART et le pré-test du CPM. Il y a une corrélation un peu plus importante entre le HART et le post-test du CPM pour les deux groupes, mais cette corrélation n'est pas significative.

4.5. Relations de gains résiduels entre tâches de mémoire, CPM et HART

Le tableau 6 présente l'analyse de régression entre les gains résiduels aux différents tests.

Tableau 6: Corrélations one-tailed de Spearman, avec l'indice de signification entre parenthèses, entre les gains résiduels aux tâches de mémoire, au HART et au CPM, pour le groupe contrôle (GC) et le groupe expérimental (GE).

		Gain Senso	Gain Visuo-spatial	Gain Chat et chien	Gain Animaux	Gain CPM
HART	GC	.26 (.31)	.09 (.44)	-.09 (.44)	.03 (.48)	.14 (.40)
	GE	.19 (.35)	-.08 (.44)	.54 (.15)	.45 (.16)	.81 (.02)
Gain Senso	GC		.38 (.24)	.66 (.08)	-.46 (.18)	.31 (.27)
	GE		-.64 (.06)	-.32 (.25)	-.39 (.20)	.57 (.09)
Gain Visuo-spatial	GC			.52 (.15)	.13 (.40)	.46 (.18)
	GE			.29 (.27)	.64 (.06)	-.21 (.32)
Gain Chat et chien	GC				-.03 (.48)	.09 (.44)
	GE				.79 (.02)	.14 (.38)
Gain Animaux	GC					.46 (.18)
	GE					.18 (.35)

Pour le groupe contrôle, nous pouvons noter qu'aucune des corrélations entre les gains au CPM et aux tâches de mémoire, entre le HART et les gains aux tâches de mémoire, entre le gain au CPM et le HART ou encore entre les gains aux quatre tâches de mémoire de travail entre elles, n'est significative. L'analyse pour le groupe expérimental montre des résultats plus variés. La corrélation entre les gains aux tâches de *Chat et chien* et *Animaux*, soit les deux tâches d'empan complexe, est significative, ce qui indique un lien entre ces deux tâches, tandis que le lien entre les autres tâches de mémoire n'est pas significatif. Par ailleurs, la corrélation entre les gains au CPM et aux différentes tâches de mémoire n'est pas significative, ce qui confirme notre hypothèse de l'absence d'un effet de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement analogique. De la même manière, aucune corrélation n'est notée entre le HART et les gains aux différentes tâches de mémoire. Cependant, il apparaît que la corrélation entre le HART et les tâches d'empan complexe (*Chat et chien* et *Animaux*), bien que non significative, est plus élevée chez le groupe expérimental que chez le groupe contrôle. En revanche, nous pouvons constater une corrélation significative entre le HART et le gain au CPM, et ce uniquement chez le groupe expérimental, ce qui suppose que le gain que ces participants montrent au test de raisonnement analogique est lié à leur capacité d'apprentissage.

4.6. Exemple du profil de gain d'un participant du GE

Les figures 6 à 9 ci-dessous illustrent le profil de gain d'un participant, une adolescente du groupe expérimental, aux quatre tâches de mémoire de travail (*Senso*, *Visuo-spatial*, *Chat et chien* et *Animaux*).

Figure 6 Profil de gain *Senso*

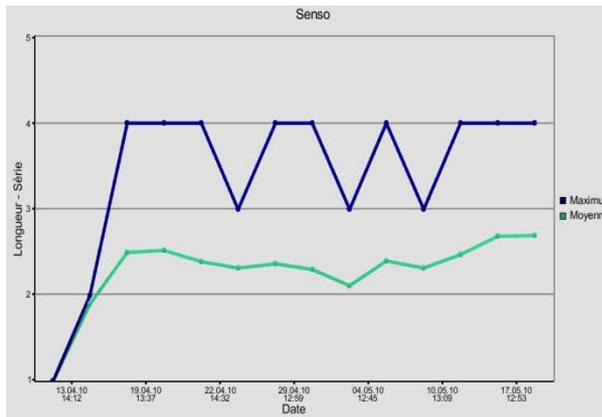


Figure 7: Profil de gain *Visuo-spatial*

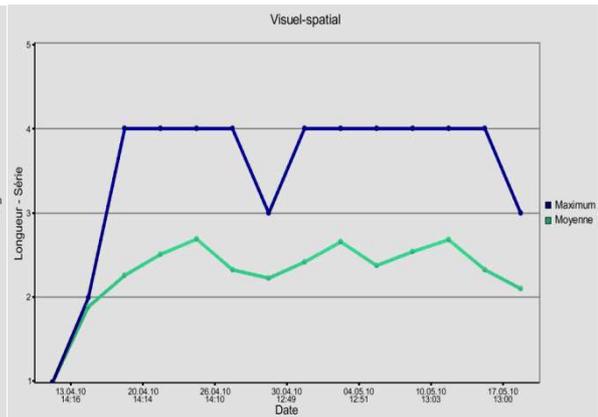


Figure 8: Profil de gain *Chat et chien*

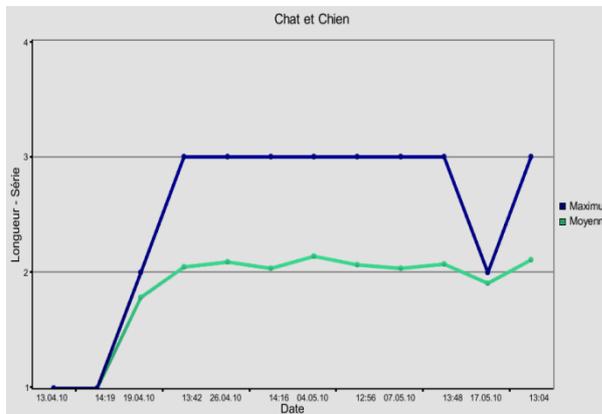
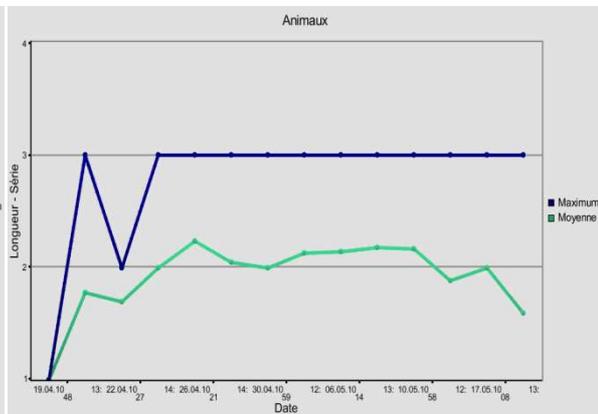


Figure 9: Profil de gain *Animaux*



Nous pouvons apprécier, grâce à ces courbes récapitulatives, l'avancement de cette élève aux tâches de mémoire, depuis le pré-test jusqu'au post-test, avec la phase d'entraînement, avec distinction des scores moyens en vert et des scores maximaux en bleu. Pour cette élève, nous pouvons ainsi constater une nette amélioration des scores moyens entre le pré-test et le post-test dans toutes les tâches. Dans le post-test des tâches *Senso* et *Chat et chien*, elle se surpasse notamment et montre un score moyen supérieur aux scores de l'entraînement. Nous pouvons par ailleurs observer que, pour les quatre tâches au pré-test, le score moyen est de 1, et que dès la deuxième séance d'entraînement (et dès la troisième séance pour la tâche *Chat et chien*), elle atteint déjà son score maximal. Cela laisse supposer

une grande capacité d'apprentissage de la part de cette élève, confirmée par son score au HART (8/20, score maximal atteint au HART dans l'échantillon de cette recherche), mais probablement aussi un biais dû à l'utilisation peu habituelle du matériel. Enfin, nous pouvons remarquer l'existence d'un plafond atteint et non dépassé par cette élève, soit un seuil de 4 items pour les tâches de *Senso* et *Visuo-spatial*, et un seuil de 3 items pour les tâches plus complexes de *Chat et chien* et *Animaux*, tâches qui nécessitent en outre une grande rapidité de la part des participants. Ces scores maximaux sont conformes aux scores observés chez les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée à sévère après entraînement de leur mémoire de travail, comme rapportés par Hulme et Mackenzie (1992) et Frenkel (2004).

V. Discussion

Ce travail de mémoire s'inspire des recherches menées ou rapportées par Perrig et al. (2009), dont l'hypothèse est que, si un effet de l'entraînement de la mémoire de travail est visible sur la capacité de raisonnement analogique de différentes populations, il peut également l'être sur celui de personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère.

Dans un premier temps, nous nous attendions effectivement à trouver un effet de l'entraînement de la mémoire de travail que nous avons proposé au groupe expérimental pendant quinze jours. Les résultats ont montré une amélioration des performances du groupe expérimental. L'analyse de variance montre par ailleurs un effet significatif de l'entraînement, mais de façon nuancée en fonction des participants. Il apparaît également que le groupe contrôle améliore ses performances, bien que dans une moindre mesure que le groupe expérimental et de manière non significative (Tab. 2). Les moyennes d'empan de mémoire rapportées par cette étude confirment les conclusions d'autres recherches sur une capacité limitée de la mémoire de travail des personnes ayant une déficience intellectuelle (Hulme & Mackenzie, 1992 ; Frenkel, 2004), mais maintiennent aussi les avis favorables à une amélioration possible de cette capacité avec un entraînement (Daneman & Carpenter, 1980 ; Klingberg & al., 2002 ; 2005). Par ailleurs, l'analyse de variance relève que les gains significatifs en mémoire de travail chez le groupe ayant reçu l'entraînement se situent spécifiquement au niveau des tâches d'empan complexe (*Chat et chien* et *Animaux*). La particularité de ces tâches telles que conçues par Buschkuehl et al. (2008) est de nécessiter une certaine rapidité et une réponse correcte dans l'assignation de la position de l'item (à l'envers ou à l'endroit), pour accéder au niveau de difficulté supérieur, donc parvenir à une augmentation du nombre d'items à rappeler. Nous pouvons donc émettre quelques réserves quant aux résultats obtenus et à la conclusion d'un gain effectif de mémoire. En effet, on pourrait expliquer le gain supérieur du groupe expérimental en partie par une habitude plus importante au matériel au gré de la durée de l'entraînement, en l'occurrence l'habitude à la distinction gauche/droite sur la souris de l'ordinateur, ou par l'apprentissage d'une rapidité accrue qui permet l'évolution de la difficulté de la tâche. Cet entraînement de la mémoire de travail, avec les deux tâches d'empan complexe, pointe ainsi un problème persistant, soit la lenteur des personnes ayant une déficience intellectuelle dans l'exécution de tâches. Par ailleurs, rappelons que la durée d'entraînement établie dans cette recherche est la plus courte

admise par les concepteurs du programme d'entraînement pour générer un effet (Buschkuehl et al., 2008). Or la recherche de Jaeggi et al. (2008) soulève une remarque prépondérante en montrant que l'amélioration des performances de raisonnement est proportionnelle à la dose de l'entraînement reçue: plus la personne s'entraîne, plus il y a un effet sur l'intelligence fluide. Cependant, une durée plus longue pour l'entraînement se heurte à des contraintes pratiques avec une telle population. En effet, dans les institutions, les personnes ayant une déficience intellectuelle sont largement sollicitées par des activités de plusieurs genres, généralement effectuées en petits groupes et rendant toute organisation externe plus compliquée. Ainsi, outre le travail quotidien de l'atelier qui les accueille, ces personnes développent leurs compétences pratiques par la cuisine et l'achat de courses diverses. Ils développent également leurs compétences psychomotrices par la gymnastique et vont chaque semaine à la piscine. Ils peuvent également être suivis par un psychologue. Dans le groupe des adolescents, les cours et les sorties favorisant le développement des compétences sociales et des compétences cognitives sont également abondants.

Dans une deuxième partie, nous avons envisagé qu'un gain au niveau du raisonnement analogique chez le groupe expérimental, en lien avec l'effet de l'entraînement, est improbable. Les résultats expriment une amélioration significative des deux groupes au test de raisonnement analogique. Comme dans la recherche de Jaeggi et al. (2008), le groupe contrôle montre une amélioration de ses performances, mais dans une moindre mesure que le groupe expérimental. Cependant on observe, également chez les deux groupes, une corrélation non significative entre les gains à ce test et les gains aux tâches de mémoire, ce qui confirme notre hypothèse sur l'absence d'un effet de l'entraînement, et va à l'encontre des arguments de Perrig et al. (2009). Cette absence de relation entre le CPM et les tâches de mémoire de travail diffère également des conclusions de Klingberg et al. (2005), qui supposent que les tâches de mémoire de travail visuo-spatiale corréleront fortement avec les performances aux tâches de Raven, mais l'on peut attribuer la différence de ces conclusions à la différence des populations entraînées, puisque Klingberg et al. s'intéressent en effet à des enfants, âgés entre 7 et 12 ans, présentant un ADHD. Pour Klingberg et al. (2002), on doit parler de transfert au vu de telles corrélations, car l'entraînement aux tâches de mémoire de travail ne suppose pas un apport de raisonnement ou de résolution de problèmes. Les résultats de notre recherche tendent à infirmer l'hypothèse du transfert. En effet, il semble difficile pour la population qui nous concerne ici de développer, de manière spontanée, des compétences cognitives dans un nouveau domaine par entraînement de la mémoire de travail. Pour Butterfield et Nelson (2009), les personnes ayant une déficience intellectuelle effectuent

moins de transfert que leurs pairs sans déficience quand elles reçoivent moins de support métacognitif. Les auteurs nuancent ce dernier entre l'explicitation d'application de stratégies, la recherche de similitudes entre les tâches et la simple suggestion d'utilisation de stratégies, et soutiennent que c'est seulement au degré métacognitif le moins explicite que les personnes avec déficience intellectuelle ne montrent pas de transfert, alors que les personnes de même âge mental en font preuve. Cependant, au vu des deux recherches de Rinaldi et al. (2002), il semble que, même avec un apport conséquent de travail métacognitif par entraînement explicite d'une stratégie de mémoire externe, les personnes avec une déficience modérée ne montrent pas de transfert à de nouvelles tâches, encore moins vers le raisonnement analogique. Pour ces auteurs, l'absence de transfert s'explique spécifiquement chez les personnes ayant une déficience intellectuelle et n'est pas attribuable à la difficulté des tâches. Dans la recherche menée ici, aucun support métacognitif n'a été administré, afin d'éviter la formation de stratégies spécifiques aux tâches, comme le conseillent Perrig et al. (2009). Pourtant, l'entraînement à la mémoire de travail sans aucune préparation à la tâche de raisonnement analogique ne montre pas de transfert aux compétences cognitives des participants, ce qui maintient le questionnement sur l'hypothèse de Perrig et al. (2009) auprès de cette population.

Enfin, comme le rapportent Buschkuehl et Jaeggi (2010), il faut tenir compte des différences interindividuelles dans les effets de l'entraînement, notamment avec l'effet de l'âge. Notre recherche ne permet pas de s'exprimer sur ce point, car la variable de l'âge n'est pas prise en compte explicitement par nos analyses. L'âge ne corrèle qu'avec les tâches *Chat et chien* et *Animaux* au pré-test, mais pas avec d'autres variables. Par ailleurs, l'analyse des données du pré-test montre que les performances des groupes avec et sans entraînement sont égales au pré-test. Cependant, une observation qualitative des comportements des participants au cours de l'entraînement indique une plus grande motivation de la part des adultes comparés aux adolescents, face aux tâches proposées répétitivement. Nous pouvons constater que certains participants ont plus bénéficié de l'entraînement de la mémoire de travail, et ceci peut être relié à leurs capacités d'apprentissage différentes (voir annexes).

VI. Conclusion

Le but de cette recherche est de déterminer si des personnes ayant une déficience intellectuelle et suivant un entraînement de leur mémoire de travail peuvent faire preuve d'une amélioration de leur raisonnement analogique. Cette recherche ne se penche pas sur l'effet à long-terme de l'entraînement. De futures recherches doivent prendre en compte la durabilité des effets de l'entraînement afin d'en apprécier aussi les conséquences dans les tâches quotidiennes des personnes, comme le suggèrent Perrig et al. (2009). La recherche présentée dans le cadre de ce mémoire contient également des limites qui supposent de considérer les résultats avec précaution. Ainsi, la faible taille de l'échantillon, à savoir 13 personnes, dont seules 7 ont suivi l'entraînement, ne permet pas de généraliser les conclusions. En outre, il existe des difficultés d'ordre pratique avec cette population, par rapport à des populations d'étudiants ou d'élèves, relatives à l'organisation des horaires pour les séances quotidiennes et aux disponibilités des personnes selon leurs autres activités.

Cette recherche s'inscrit dans une lignée de recherches ayant pour but de statuer sur l'effet de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement analogique de personnes ayant une déficience intellectuelle. Comme le précisent Perrig et al. (2009), ce dessein est de l'ordre du challenge. Ils émettent trois raisons qui peuvent faire obstacle à un effet positif de l'entraînement de la mémoire de travail des personnes ayant une déficience intellectuelle sur leur raisonnement analogique. Ils soutiennent, comme Hessels-Schlatter (2002) et Rinaldi et al. (2002), que les capacités d'apprentissage et de raisonnement des personnes ayant une déficience intellectuelles sont souvent sous-jugées. Ils relèvent en outre que l'intelligence fluide est encore souvent perçue comme un trait immuable aux influences environnementales et que le transfert de fonctions sur des tâches non-entraînées chez la population qui nous intéresse ici n'est que faiblement démontré par les études présentes à ce jour. Pour ces raisons, de futures recherches proposent d'inclure un pré-test d'un test d'apprentissage et ne pas apparier cette population sur la base de tests classiques de QI, car ceux-ci ne sont pas adaptés à l'évaluation des compétences cognitives de ces personnes (Hessels & Gassner, 2010).

L'infirmité, dans le cadre de cette recherche, de l'hypothèse audacieuse de Perrig et al. (2009) d'un transfert de l'entraînement de la mémoire de travail sur le raisonnement analogique de personnes présentant une déficience intellectuelle nécessite cependant d'autres travaux, avec des échantillons plus grands, afin d'évaluer plus amplement le transfert et les bases communes de ces systèmes. Notamment, des recherches spécifiques aux personnes

ayant une déficience intellectuelle doivent être menées en psychologie cognitive et en neurosciences pour étudier les liens entre la mémoire de travail et l'intelligence. Il existe beaucoup d'intérêt à entraîner la mémoire de travail de ces personnes, et il s'agit principalement de ne pas sous-estimer leurs capacités cognitives et leur potentiel d'apprentissage, afin d'élargir les objectifs éducationnels proposés à ce jour.

VII. Références bibliographiques

- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Willis, C. & Adams, A.M. (2005). Working memory and special educational needs. *Educational and Child Psychology*, 22, 56-67.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Kirkwood, H. & Elliott, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child Development*, 80 (2), 606-621.
- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, (4th éd.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*, 2, 89-195. New York : Academic Press.
- Baddeley, A.D. (1992). *La mémoire humaine : théorie et pratique*. Saint-Martin-d'Hères (Isère) : PUG.
- Baddeley, A.D. (1998). Working memory. *Life Sciences*, 312, 167-173.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*, Vol.8. New York: Academic Press.
- Baddeley, A., Della Sala, S., Gray, C., Papagno, C. & Spinnler, H. (1997). Testing central executive functioning with a pencil-and-paper test. In P. Rabbit (Ed.), *Methodology of Frontal and Executive Functions*, pp. 61-80. Psychology Press, Hove.
- Belmont, J.M. & Butterfield, E.C. (1977). The instructional approach to developmental cognitive research. In R.V. Kail & J.W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the Development of Memory and Cognition* (pp. 437-481). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Berger, J.-L. (2003). *Evaluation du potentiel d'apprentissage: Construction et premier examen des caractéristiques psychométriques d'un test de raisonnement analogique*. Mémoire de licence en Sciences de l'Éducation. Genève : Université de Genève.
- Bider, C. & Linder, A.-L. (2005). *Contribution à la validité d'un test d'apprentissage, le HART (Hessels Analogical Reasoning Test) à l'aide de critères dynamiques*. Mémoire de maîtrise. Genève : Université de Genève.

- Bosson, M. (2003). *Le potentiel d'apprentissage en raisonnement analogique: Construction d'un instrument d'évaluation en groupe base sur une échelle de Rasch*. Mémoire de maîtrise en Sciences de L'Education. Genève : Université de Genève.
- Bosson, M.S., Hessels, M.G.P., Hessels-Schlatter, C., Berger, J.-L., Kipfer, N. & Büchel, F. (2010). Strategy acquisition by children with general learning difficulties through metacognitive training. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 15, 13-34.
- Bray, N.W., Huffman, L. & Grupe, L. (1998). Un cadre conceptuel pour l'étude des déficiences et des compétences de mémorisation chez les enfants présentant un retard mental. In F.P.Büchel, J.-L. Paour, Y.Courbois & U. Scharnhorst (Eds), *Attention, mémoire, apprentissage. Etudes sur le retard mental* (pp.65-75). Lucerne, Suisse : Ed. SPC.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- Brown, J., Campione, J.C. & Murphy, M.D. (1974). Keeping track of changing variables: Long-term retention of a trained rehearsal strategy by retarded and adolescents. *American Journal of mental Deficiency*, 78, 446-453.
- Büchel, F.P. (1995). De la métacognition à l'éducation cognitive. In F.P. Büchel (Ed.) *L'éducation cognitive. Le développement de la capacité d'apprentissage et son évaluation* (pp. 9-44). Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.
- Büchel, F.P. (2000). Metacognitive control in analogical reasoning. In W.J. Perrig & A. Grob (Eds.), *Control of Human Behavior, Mental Processes, and Consciousness* (pp.203-224). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Büchel, F.P. (2006). Analogical reasoning in students with moderate intellectual disability: Reasoning capacity limitations or memory overload? *Educational and Child Psychology*, 23 (3), 61-80.
- Büchel, F.P. & Paour, J.L. (2005). Déficience intellectuelle : déficits et remédiation cognitive. *Enfance*, 3, 227-240.
- Budoff, M. (1987). The validity of learning potential assessment. In C. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment* (pp.52-81). New York: Guilford Press.
- Buschkuehl, M., Jaeggi, S.M., Kobel, A. & Perrig, WJ. (2008). *Brain Twister - A collection of cognitive training tasks, version 1.0.2*. Bern: Universität Bern.
- Buschkuehl, M. & Jaeggi, S.M. (2010). Improving intelligence: a literature review. *Swiss Medical Weekly*, 40 (19-20), 266-272.

- Butterfield, E.C. & Nelson, G.D. (2009). Promoting positive transfer of different types. *Cognition and Instruction*, 8:1, 69-102.
- Campione, J.C. & Brown, A.L. (1987). Linking dynamic assessment with school achievement. In C. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment. An international approach to evaluating learning potential* (pp.82-115). New York: The Guilford Press.
- Carlson, J. & Wiedl, K.H. (1992). The dynamic assessment of intelligence. In H.C. Haywood & D. Tzuriel (Eds.), *Interactive assessment* (pp.167-186). New York: Springer.
- Carlson, J. & Wiedl, K.H. (1995). Principes de l'évaluation dynamique: l'application d'un modèle spécifique. In F.P. Büchel (Ed.) *L'éducation cognitive. Le développement de la capacité d'apprentissage et son évaluation* (pp. 215-238). Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.
- Carpenter, P.A., Just, M.A. & Shell, P. (1990). What one intelligence measures: a theoretical account of the processing in the Raven progressive matrices test. *Psychological Review*, 97, 404-431.
- Cattell, P. (1971). *Abilities: Their structure, growth and action*. New York: Houghton Mifflin.
- Comblain, A. (1994). Working memory in Down's syndrome: Training the rehearsal strategy. *Down Syndrome Research and Practice*, 2, 123-126.
- Conners, F.A., Rosenquist, C.J., Arnett, L., Moore, M.S. & Hume, L.E. (2008). Improving memory span in children with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 52 (3), 244-255.
- Cornoldi, C. & Vecchi, T. (2003). *Visuospatial working memory and individual differences*. Hove, UK : Psychology Press.
- Dahlin, E., Stigsdotter Neely, A., Larsson, A., Bäckman, L. & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320 (5882), 1510-1512.
- Daneman, M. & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Frenkel, S. (2004). *Evaluation des compétences cognitives, langagières et mnésiques des personnes trisomiques 21; pour une conception intégrative du retard mental*. Thèse de doctorat (non publiée) soutenue à l'Université de Picardie Jules Verne, UFR de Philosophie, Sciences Humaines et Sociales.

- Gassner, M. (2009). *La mémoire de travail chez les personnes présentant une déficience intellectuelle: la remise en question de la validité de l'appariement de groupes basé sur les tests QI*. Mémoire de maîtrise, Université de Genève.
- Gathercole, S.E. & Alloway, T.P. (2006). Practionner review: Short-term and working memory impairments in neurodevelopmental disorders : Diagnosis and remedial support. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 47 (1), 4-15.
- Gathercole, S.E. & Hitch, G.J. (1993). The development of rehearsal: A revised working memory perspective. In A. Collins, S.E. Gathercole, M.A. Conway, P.E. Morris (Eds.), *Theories of memory*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G.S., Cowan, N. & Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: a new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11 (6), 236-242.
- Henry, L.A. (2001). How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory*, 9 (4/5/6), 233-247.
- Henry, L.A. & MacLean, M. (2002). Working memory performance in children with and without intellectual disabilities. *American Journal on Mental Retardation*, 107 (6), 421-432.
- Hessels, M.G.P. (2009). Estimation of the Predictive Validity of the HART by Means of a Dynamic Test of Geography. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 8, 1, 5-21.
- Hessels, M.G.P & Gassner, M. (2010). L'étude des processus cognitifs chez les personnes avec déficience intellectuelle. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 4, 37-42.
- Hessels, M.G.P. & Hessels-Schlatter, C. (2008). Pedagogical principles favouring the developement of reasoning in persons with severe learning difficulties. *Educational and Child Psychology*, 25, 66-73.
- Hessels, M.G.P. & Hessels-Schlatter, C. (2010). L'apport des tests d'apprentissage dans l'évaluation des capacités intellectuelles des élèves avec difficultés scolaires. In M.G.P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Eds.), *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficulté d'apprentissage* (pp.5-34). Berne: Ed. Peter Lang.
- Hessels, M.G.P. & Tiekstra, M. (2010). Evaluation des capacités de raisonnement et prédiction des apprentissages dans un domaine scolaire nouveau chez des élèves présentant une déficience intellectuelle légère. In M.G.P. Hessels & C. Hessels-

- Schlatter (Eds.), *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficulté d'apprentissage* (pp.51-66). Berne: Ed. Peter Lang.
- Hessels-Schlatter, C. (2002). A dynamic test to assess learning capacity in people with severe impairments. *American journal on Mental Retardation*, 107(5), 340-351.
- Hessels-Schlatter, C. (2010). Une évaluation plus fiable de la capacité d'apprentissage des personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère. In M.G.P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Eds.), *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficulté d'apprentissage*, pp.35-50, Berne: Ed. Peter Lang.
- Hoch, M. & Marx, D. (2001). *L'utilisation des mémoires externes auprès d'enfants ayant des difficultés d'apprentissage*. Mémoire de licence, Université de Genève.
- Holmes, J., Gathercole, S.E., Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Development science*, 12 (4), 9-15.
- Hulme, C. & Mackenzie, S. (1992). *Working memory and severe learning difficulties*. East Sussex, UK: Erlbaum.
- Huteau, M. & Lautrey, J. (1999). *Evaluer l'intelligence : Psychométrie cognitive*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Jacobson, J.W. & Mulick, J.A. (1996). *Manual of diagnosis and professional practice in mental retardation*. Washington, DC: American Psychological Association, Division of Mental Retardation and Developmental Disabilities.
- Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Perrig, W.J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (19), 6829.
- Jarrold, C., Baddeley, A.D. & Hewes, A.K. (1999). Genetically dissociates components of working memory: Evidence from Downs and Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 37 (6), 637-651.
- Jarrold, C., Baddeley, A.D. & Hewes, A.K. (2000). Verbal short-term memory deficits in Down syndrome: A consequence of problems in rehearsal? *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41 (2), 233-244.
- Kane, M.J., Brown, L.H., McVay, J.C., Silvia, P.J., Myin-Germeys, I. & Kwapil, T.R. (2007). For whom the mind wanders, and when: An experimental-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological Science*, 18, 614-621.

- Karbach, J. & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Development Science*, 12 (6), 978-990.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M. Gustafsson, P., Dahlström, K. et al. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44 (2), 177-186.
- Klingberg, T., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24 (6), 781-791.
- Kyllonen, P.C. & Christal, R.E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, 14, 389-433.
- Lanfranchi, S., Carretti, B., Spanò, G. & Cornoldi, C. (2009). A specific deficit in visuospatial simultaneous working memory in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53 (5), 474-483.
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C. & Vianello R. (2004). Verbal and visuospatial working memory deficits in children with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 109 (6), 456-466.
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., Drigo, S. & Vianello, R. (2008). Working memory in individuals with fragile X Syndrome. *Child Neuropsychology*, 15 (2), 105-119.
- Li, S.-C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J. & Lindenberger, U. (2008). Working memory plasticity in old age: Practice again, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, 23 (4), 731-742.
- Luckasson, R., Borthwick-Duffy, S., Buntinx, W.H.E., Coulter, D.L., Craig, E.M., Reeve, A. Schalock, R.L., Snell, M.E., Spitalnik, D.M., Spreat, S. & Tassé, M.J. (2002). *Mental Retardation: Definition, Classification, and Systems of Supports (10th Edition)*. Washington, DC: American Association on Mental Retardation.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63 (2), 81-97.
- Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O. & Süß, H.M. (2005). Working memory and intelligence – their correlation and their relation: comment on Ackerman, Beier and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131 (1), 61-65.
- Organisation mondiale de la santé (OMS) (1993). CIM-10: classification internationale des maladies (10è édition). Paris: Masson.

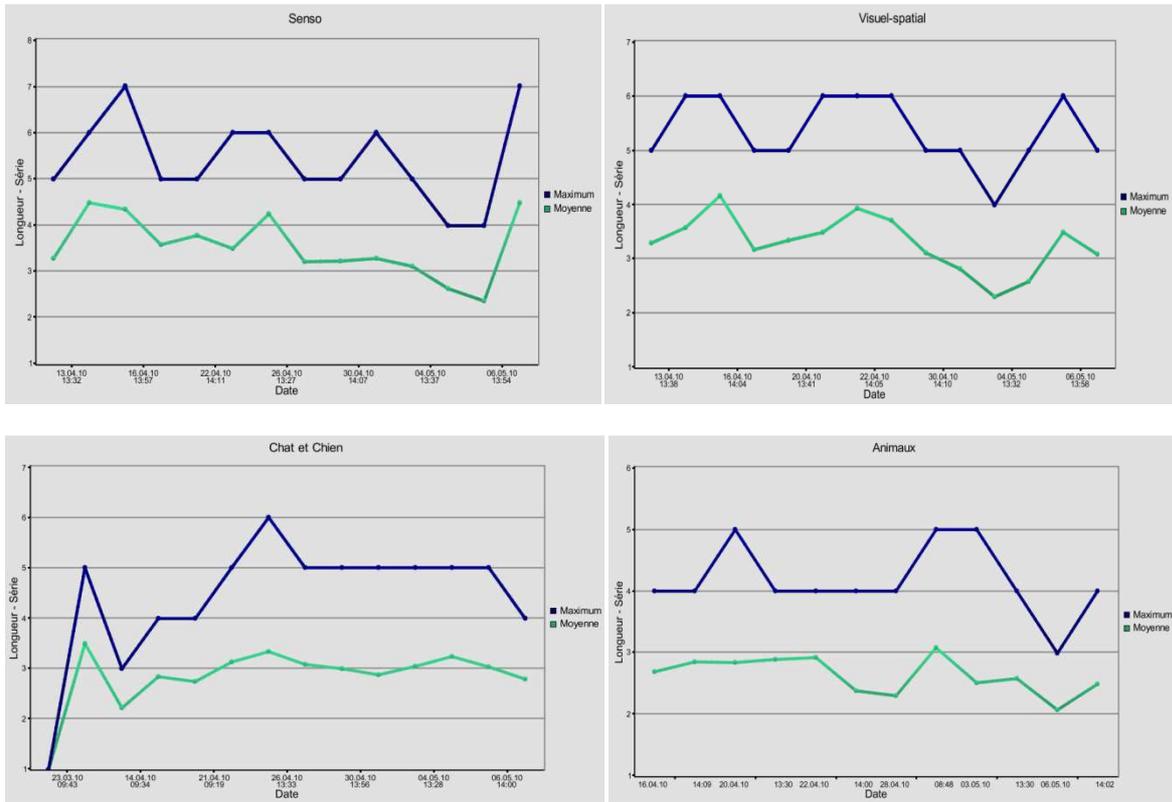
- Panek, P.E. & Stoner, S.B. (1980). Age differences on Raven's Coloured Progressive Matrices. *Perceptual and motor skills*, 50 (3), 977-978.
- Perrig, W.J., Hollenstein, M. & Oelhafen, S. (2009). Can we improve fluid intelligence with training on working memory in persons with intellectual disabilities? *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 8, 148-164.
- Peterson, L.R. & Peterson, M.J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.
- Pueyo, R., Junqué, C., Vendrell, P. Narberhaus, A. & Segarra, D. (2008). Raven's Coloured Progressive Matrices as a measure of cognitive functioning in Cerebral Palsy. *Journal of intellectual disability research*, 52 (5), 437-445.
- Raven, J.C. (1956). *Coloured Progressive Matrices, sets : A, Ab, B*. HK Lewis, London.
- Raven, J.C. (1958). *Standard Progressive Matrices: Sets A, B, C, D and E*. London: Lewis.
- Raven, J.C. (1962). *Advanced Progressive Matrices, Set II*. London: H. K. Lewis.
- Rey, A. (1934). D'un procédé pour évaluer l'éducabilité. *Archives de psychologie*, 24 (96).
- Rinaldi, D. (2005). *Utilisation d'une stratégie de mémoire externe par des personnes présentant un retard mental modéré*. Thèse de doctorat, Université de Genève.
- Rinaldi, D.O., Hessels, M.G.P., Büchel, F.P., Hessels-Schlatter, C. & Kipfer, N.M. (2002). External memory and verbalization in students with moderate mental retardation: theory and training. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 2, 3, 184-227.
- Rumley, L. (2007). *Etude de la validité prédictive d'un test d'apprentissage : Le HART*. Mémoire de licence. Genève : Université de Genève.
- Schalock, R.L., Borthwick-Duffy S.A., Bradley, V.J., Buntinx, W.H.E., Coulter, D.L., Craig, E.M., Gomez, S.C., Lachapelle, Y., Luckasson, R., Reeve, A., Shogren, K.A., Snell, M.E., Spreat, S., Tassé, M.J., Thompson, J.R., Verdugo-Alonso, M.A., Wehmeyer, M.L. & Yeager, M.H. (2010). *Intellectual Disability: Definition, Classification, and Systems of Supports (11th Edition)*. Washington, DC: American Association on Intellectual and Developmental Disabilities.
- Schlatter, C. (1999). *Le Test d'Apprentissage de la Pensée Analogique. Fondation théorique et empirique d'un outil d'évaluation pour personnes présentant un retard mental modéré*. Thèse de doctorat. Genève: Université de Genève.

- Schlatter, C., Büchel, F.P. & Thomas, L. (1997). Test d'apprentissage de la pensée analogique pour adolescents handicapés mentaux modérés. *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, 8 (1), 37-54.
- Sternberg, R.J. (1982). *Handbook of human intelligence*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sternberg, R.J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 105 (19), 6791-6792.
- Süss, H.M., Oberauer, K., Wittmann, W.W., Willhelm, O. & Schulze, R. (2002). Working memory capacity explains reasoning ability – and a little bit more. *Intelligence*, 30 (3), 261-288.
- Tassé, M.J. & Morin, D. (2003). *La déficience intellectuelle*. Québec : Gaëtan Morin.
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman, S., Bohlin, N.G. & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12 (1), 106-113.
- Tiekstra, M. (2007). *Learning Potential Assessment in students with cognitive impairments. A contribution to the validity research of Hessels Analogical Reasoning Test (HART)*. Geneva: University of Geneva.
- Tieksrta, M., Hessels, M.G.P. & Minnaert, A.E.M.G. (2009). Learning capacity in adolescents with mild intellectual disabilities. *Psychological Reports*, 105, pp. 804-814.
- Turley-Ames, K. & Whitfield, M.M. (2003). Strategy training and working memory task performance. *Journal of Memory and Language*, 49, 446-468.
- Van der Linden, M. & Collette, F. (2002). Attention et mémoire de travail. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, & P. Azouvi (Eds), *Neuropsychologie de l'attention*, pp. 41-54. Marseille : Solal.
- Van der Molen, M.J., Van Luit, J.E.H., Jongmans, M.J. & Van der Molen, M.W. (2007). Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51, 162-169.
- Vygotsky, L.S. (1986). *Thought and Language* (7th edition). London: MIT Press.
- Wang, P.P. & Bellugi, U. (1994). Evidence from two genetic syndromes for a dissociation between verbal and visuo-spatial short-term memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 317-322.

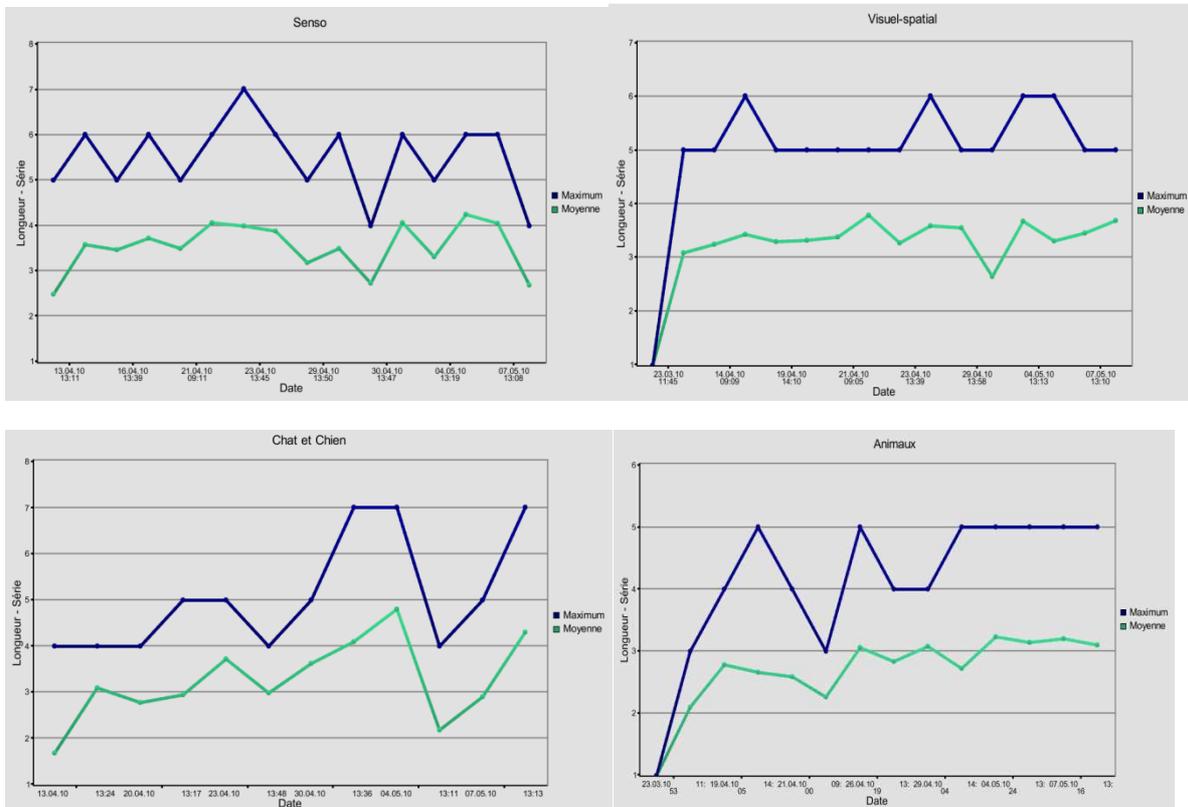
Zampini, B. (2006). *Anxiété et mémoire de travail chez des enfants de 8 à 12 ans avec difficultés scolaires*. Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées en Psychologie Clinique. Genève: Université de Genève.

Annexes

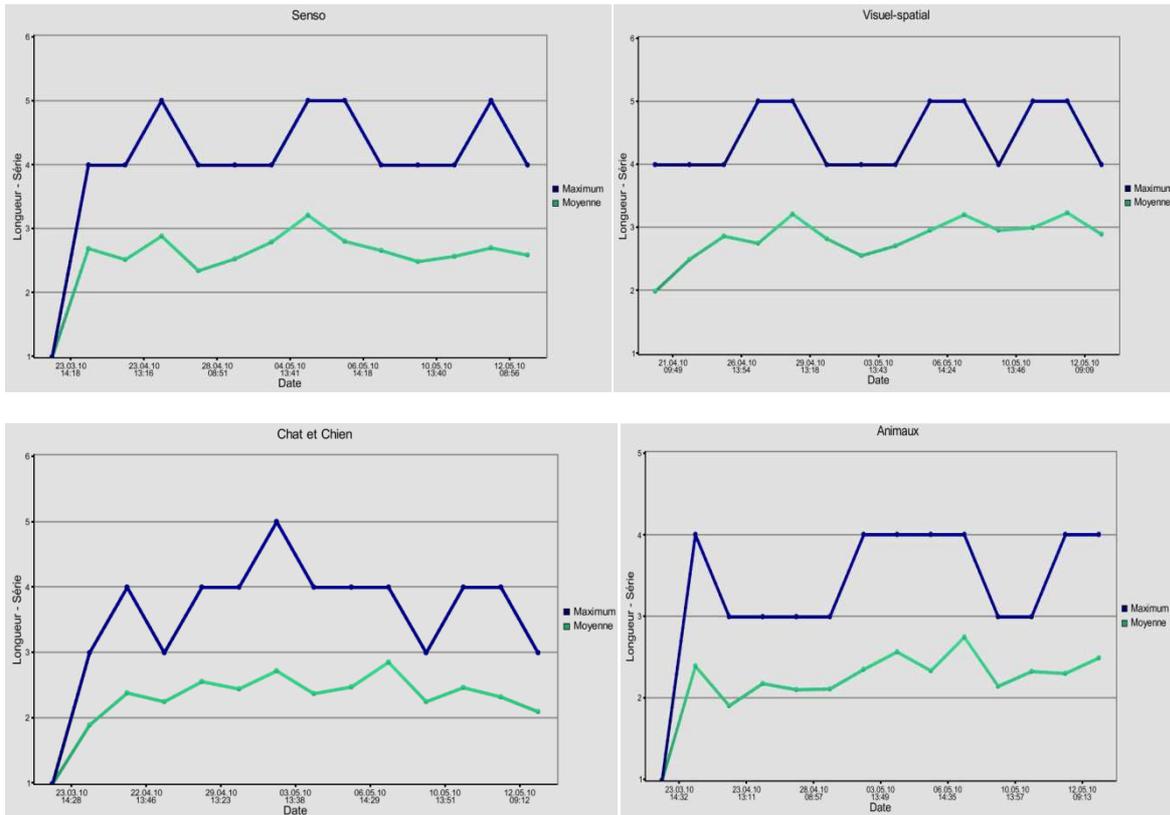
Adolescent 2 (7/20 au HART)



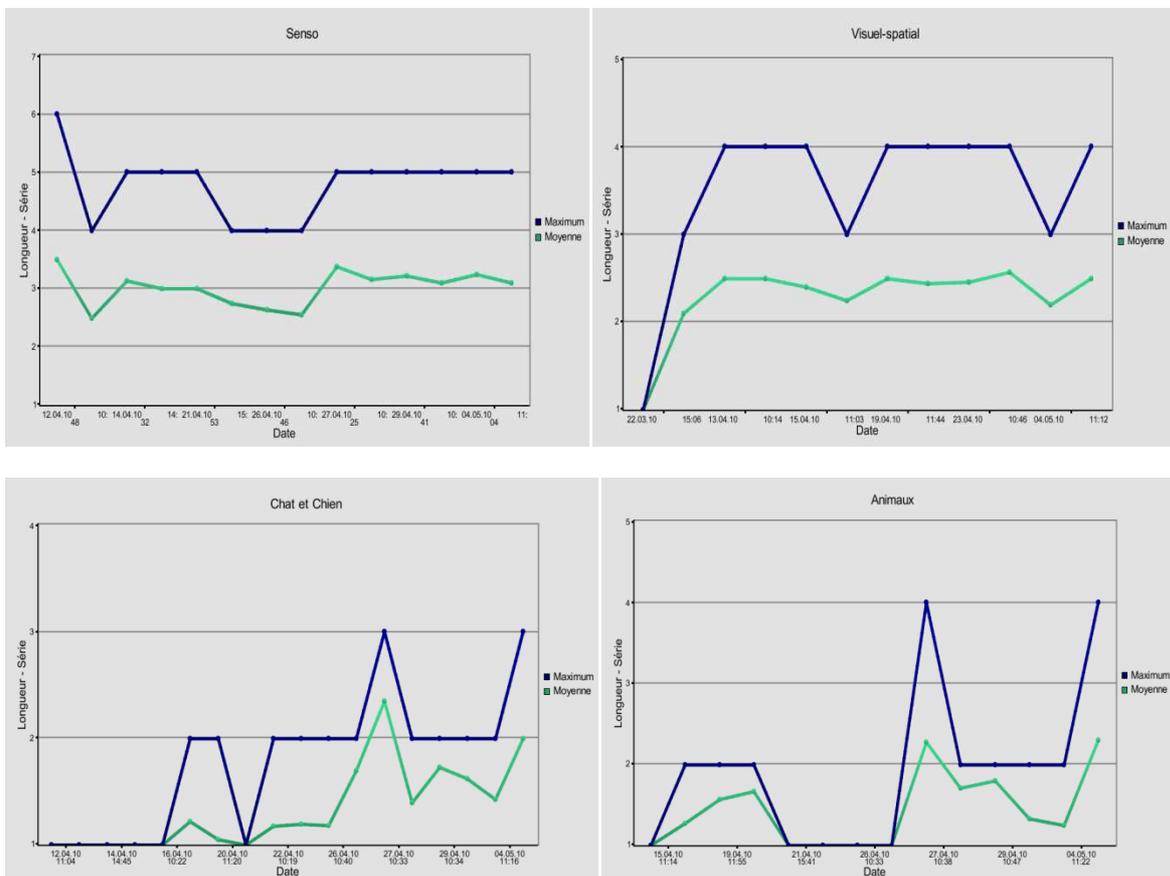
Adolescent 3 (7/20 au HART)



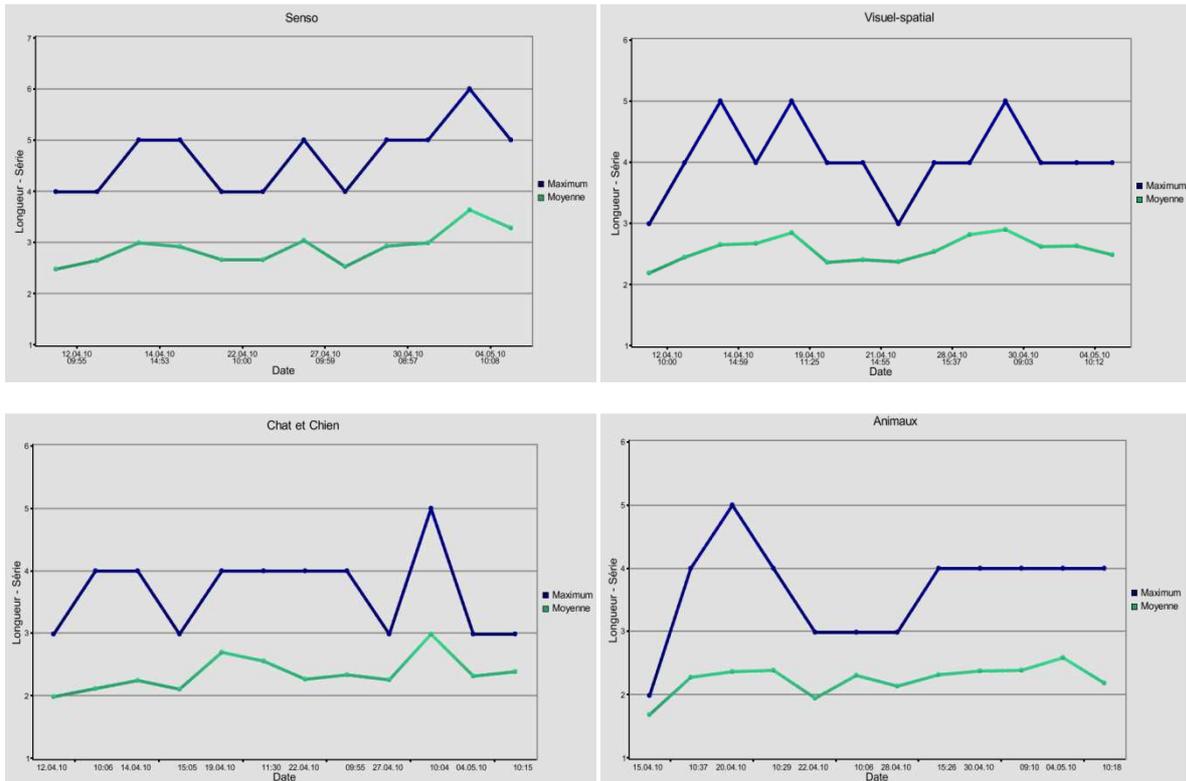
Adolescent 4 (5/20 au HART)



Adulte 1 (7/20 au HART)



Adulte 2 (6/20 au HART)



Adulte 3 (5/20 au HART)

