

RAISONNEMENT ANALOGIQUE ET MÉMOIRE CHEZ DES ADOLESCENTS AYANT UNE DÉFICIENCE INTELLECTUELLE

Caroline Denaes-Bruttin, Fredi P. Büchel, Jean-Louis Berger et Ninosca Borel

Le raisonnement analogique, activité cognitive complexe, implique la comparaison d'images, l'inférence et la mémorisation de relations. Les personnes ayant une déficience intellectuelle ont un empan mnésique plus petit que les personnes ordinaires, ce qui entrave leur réussite dans les tests analogiques traditionnels. Notre test, composé de matrices en format deux sur deux, comporte deux versions : une classique, similaire aux tests traditionnels, et une de construction, permettant la présence de mémoires externes, qui favoriseraient une meilleure réussite des analogies. Grâce aux mémoires externes, les personnes ayant une déficience intellectuelle obtiennent des résultats proches de ceux des enfants de même âge mental, et parfois même égaux. Une aide externe favorise ainsi une meilleure résolution des analogies et décharge la mémoire.

CONTEXTE THÉORIQUE

Le raisonnement analogique est une composante centrale de l'intelligence humaine (Holyoak, Junn et Billman, 1984). Elle fait partie de la pensée inductive, considérée comme un important mécanisme dans l'apprentissage et la résolution de problèmes (Goswami, 1992; Sternberg, 1982). Les analogies classiques représentent la mesure traditionnelle du raisonnement analogique utilisée dans les tests de QI. D'ordinaire, il s'agit de trouver le quatrième élément (D) d'un groupe, en découvrant la relation existante entre les deux premiers éléments de la tâche (A et B) et en l'appliquant à un troisième (C). Par exemple, en ayant *chien* et *niche* en tant qu'éléments A et B et *homme* en tant qu'élément C, nous devrions trouver, par analogie, que l'élément D

est *maison*. L'analogie *chien:niche :: homme:maison* est présentée dans les tests, soit sous forme linéaire, soit en matrice 2×2 . Pour découvrir l'élément manquant, le participant doit suivre la règle « A est à B, ce que C est à D » (Pellegrino, 1985). Afin de parvenir à la solution, plusieurs processus cognitifs entrent en jeu. Sternberg (1977) en a décrit six : l'encodage (percevoir un élément de l'analogie et le maintenir en mémoire); l'inférence, où le participant découvre la relation entre les deux premiers éléments (A et B) et maintient également cette relation en mémoire; le « mapping », où il lie les deux parties de l'analogie en découvrant la relation entre les éléments A et C; l'application; la justification et enfin la réponse.

Un des auteurs les plus connus à avoir théorisé le développement du raisonnement analogique est Piaget, selon qui cette habileté est tardive et n'apparaît que vers les onze-douze ans, dans la période opérationnelle formelle (Piaget, Montangero et Billeter, 1977). De nombreuses études ont corroboré ce point de vue, alors que d'autres ont démontré l'inverse : de très jeunes enfants, âgés environ de quatre ans, sont capables de résoudre des analogies, tant qu'ils comprennent les relations

Caroline Denaes-Bruttin, Assistante, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Adresse électronique : caroline.denaes@gmail.com; Fredi P. Büchel, Professeur honoraire de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève; Dr Jean-Louis Berger, Maître de Recherche, Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle à Lausanne; Ninosca Borel, Étudiante en master, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève.

impliquées (p. ex., Alexander, Willson, White et Fuqua, 1987; Goswami, 1992). Cette affirmation a été contestée à son tour par certains auteurs (p. ex., Gallagher et Wright, 1979; Sternberg et Downing, 1982), argumentant que les jeunes enfants ne raisonnent pas par analogie, mais par association, celle-ci étant une forme de raisonnement ne requérant pas la pleine compréhension des relations. Afin de prouver le contraire, Goswami et Brown (1989, 1990) ont créé deux tests, présentés à des enfants de 4, 5 et 9 ans, composés exclusivement d'analogies linéaires, de type *morceau de pain:tranche de pain = citron:?*. Les éléments de réponse étaient composés d'une seule réponse analogique (ici *tranche de citron*) et de quatre associations (ici *tranche de cake, moitiés de citron pressées, ballon jaune et citron*), chacune d'entre elles ayant une relation en commun avec l'analogie (couleur, forme, etc.). Avec ce matériel, les auteurs voulaient vérifier si les enfants raisonnaient effectivement par analogie ou s'ils étaient attirés, au contraire, par les associations. Les résultats ont montré que la majorité des participants a raisonné par analogie, du fait que les relations utilisées leur étaient familières.

La familiarité des relations est une variable devant être contrôlée en fonction de la population choisie. Par exemple, la distinction gauche-droite n'est pas une relation maîtrisée par les jeunes enfants de 4-5 ans. Ainsi, il est important de vérifier la connaissance des participants sollicités avant de leur administrer une tâche. Cependant, la familiarité des relations n'est pas la seule composante de la difficulté des analogies. Une autre est représentée par le nombre d'éléments et de transformations apportés sur les items (Mulholland, Pellegrino et Glaser, 1980), étant donné les différents niveaux de complexité du test. Afin de découvrir la solution, le participant doit maintenir en mémoire toutes les transformations. Ainsi, plus le nombre d'informations à retenir augmente, plus la charge mnésique est importante, ce qui peut provoquer la perte d'une partie des informations (Pellegrino et Glaser, 1980; Sternberg, 1977).

Pour les personnes ayant une déficience intellectuelle modérée (DIM; QI [Quotient intellectuel] : 35-40 à 50-55; AM [Âge mental] : 4-8 ans), qui représentent notre population de recherche, les

analogies représentent une tâche difficile : en général, elles n'explorent pas toutes les informations à disposition (Paour, 1992). Elles démontrent également un déficit d'attention, ne comparent pas assez les informations entre elles, ce qui est nécessaire pour résoudre les analogies, et ont une faiblesse, voire une incapacité, à atteindre un certain niveau d'abstraction (Primi, 2001). Elles utilisent rarement l'auto-répétition, processus permettant de maintenir les informations plus longtemps en mémoire (Dulaney et Ellis, 1991). De plus, leur empan mnésique est limité, pouvant généralement maintenir deux ou trois éléments simultanément (Hulme et Mackenzie, 1992), alors que les personnes adultes ordinaires ont un empan de 7 ± 2 (Miller, 1956). Dans les tests analogiques traditionnels, les personnes ayant une DIM ne comprennent pas toujours ce qu'elles doivent faire (Büchel, Schlatter et Scharnhorst, 1997) et comme la médiation ou les échanges verbaux durant le test ne sont pas autorisés entre les expérimentateurs et les participants, elles ne parviennent pas toujours à résoudre la tâche. De plus, elles sont souvent considérées comme un groupe homogène qui ne peut pas s'améliorer en matière de raisonnement analogique et leurs capacités cognitives sont sous-estimées. Pour toutes ces raisons, il convient d'utiliser de préférence des tests d'apprentissage, car ceux-ci permettent une interaction entre l'expérimentateur et les participants, un entraînement ou encore des aides qui favorisent la compréhension de la tâche. Cependant, la principale critique adressée aux tests d'apprentissage est leur manque de standardisation.

Le Test d'Apprentissage de la Pensée Analogique (TAPA) pallie justement cette critique. Büchel et Hessels-Schlatter (2001) ont créé ce test en prenant en compte toutes les difficultés rencontrées par les personnes ayant une DIM dans le domaine des tâches analogiques, notamment le fait qu'elles ne comprennent pas systématiquement ce qui leur est demandé. Le but du TAPA est d'évaluer le potentiel d'apprentissage d'adolescents ayant une DIM. Le test est composé de trois phases : celle de pré-apprentissage, destinée à la familiarisation des participants avec le matériel, celle d'apprentissage, qui comprend une médiation et enfin la phase de post-test, dans laquelle les participants doivent effectuer des items de maintien, de transfert proche et de transfert éloigné sans médiation (Schlatter,

Büchel et Thomas, 1997). Ces différentes phases permettent la discrimination des participants, entre ceux qui profitent des aides et qui ont un potentiel d'apprentissage élevé, les *gainers* selon l'appellation de Budoff (1987), et ceux qui n'en profitent pas et qui ont un potentiel d'apprentissage faible, les *non gainers*.

Le TAPA comprend 19 items analogiques, présentés sur des matrices en bois de format 2×2 . Ce matériel a été choisi afin de rendre les participants actifs, de par la manipulation des éléments de réponse, mais également « de leur permettre de mieux visualiser ce qu'ils réalisent, de limiter la charge mnésique en éliminant les éléments au fur et à mesure de leur progression, et finalement de favoriser une meilleure compréhension de la tâche » (Schlatter et al., 1997, p. 40). Les items sont présentés sous une modalité figurative concrète et géométrique, répartis en deux niveaux de complexité. L'expérimentateur présente les éléments A, B et C, et demande au participant de choisir l'élément D parmi six possibilités de réponse dans le niveau 1 et parmi huit possibilités dans le niveau 2, une seule étant correcte. Le nombre de relations varie également en fonction du degré de complexité : il s'agit d'inférer deux relations dans le premier niveau, c'est-à-dire une relation entre les éléments A et B, et une autre entre A et C. Quant au deuxième niveau de complexité, il y a, au total, trois relations à inférer : deux entre A et B, et une seule entre A et C. Les relations varient en couleur, taille, forme, orientation, ajout et nombre.

Le test a été administré à 58 adolescents ayant une DIM. Les résultats ont démontré que deux tiers de ces participants ont été capables de résoudre de simples matrices, de premier niveau de complexité (deux relations à inférer), mais pas celles de deuxième niveau de complexité (trois relations à inférer). Afin d'expliquer ces résultats, une hypothèse de surcharge mnésique a été postulée. Une étude de cas individuels antérieure (Diez, 1994) avait d'ailleurs indiqué que la plupart des participants ayant une DIM utilisaient les derniers attributs décodés dans les analogies et non les premiers. Ce serait la mémoire tampon (souvent appelée *empan mnésique*) limitée des participants qui les empêcherait de retenir tous les attributs décodés dans des matrices d'un degré de complexité plus élevé (Büchel, 2006).

Afin d'approfondir cette hypothèse de surcharge mnésique, les Matrices Analogiques de Construction (MAC; Angeretas et Gonzalez, 2002), un test analogique informatisé, a été créé, réparti sur sept niveaux de complexité. Contrairement au TAPA, les analogies ne sont plus présentées sur une matrice en bois, mais sur un écran tactile. Les participants ne doivent plus choisir la bonne réponse parmi plusieurs propositions, mais la construire en choisissant des éléments disponibles en permanence en dessous de la matrice. Le MAC a l'avantage de permettre aux participants de construire la réponse pas-à-pas. Une fois touchés, les éléments glissent à la bonne place, représentant par là même des mémoires externes. Ainsi, dès que le participant a considéré une relation, il peut passer à la suivante, sans devoir mémoriser la précédente. Par conséquent, la surcharge de la mémoire peut être réduite et les performances améliorées (Büchel, 2006).

Les résultats de l'étude ont montré que les 36 participants ayant une DIM, testés à la fois par le TAPA et le MAC, ont été capables de résoudre des analogies d'un degré de complexité plus élevé dans le MAC. Toutefois, plusieurs critiques ont été avancées : l'aspect visuel des items a été critiqué, car il n'y avait pas d'uniformité dans le design : certains items étaient créés à partir de photos, d'autres à partir de dessins et les éléments n'étaient pas toujours reconnaissables; deuxièmement, l'ordinateur et son écran tactile peuvent être considérés comme plus motivants que la matrice en bois (Switzky, 1997), ce qui peut justifier de meilleures performances dans le MAC. Enfin, une étude d'évaluation a montré que les niveaux de complexité ne correspondaient pas aux niveaux de difficulté empirique (Büchel, 2006), certains items du troisième niveau de complexité étaient plus difficiles à résoudre que des items du septième niveau de complexité.

OBJECTIFS DE RECHERCHE

Le principal objectif de notre recherche consiste dans l'estimation et dans l'étude de l'importance de la surcharge mnésique dans une tâche de raisonnement analogique. Nous voulons vérifier l'hypothèse qu'un matériel attrayant (écran tactile) et des mémoires externes représentent des conditions qui favorisent une meilleure réussite dans le

raisonnement analogique et que, grâce à ces conditions, les participants ayant une DIM obtiennent des résultats proches de ceux des enfants de même AM. Il s'agit d'une élaboration de la recherche menée par Angeretas et Gonzalez (2002), prenant en considération toutes les critiques mentionnées précédemment et en élargissant les hypothèses.

MÉTHODE

Participants

Notre échantillon est composé d'un groupe d'adolescents ayant une DIM ($n = 26$; AC [Âge chronologique]: 12-16 ans; AM: 4-8 ans), provenant de deux institutions de la ville de Genève, dénommé GDI pour « groupe déficience

intellectuelle » et d'un groupe d'enfants du même AM mais sans DIM ($n = 36$), provenant de plusieurs écoles de la même ville, appelé GO pour « groupe ordinaire ». Les deux groupes ont été appariés par rapport à l'AM et sur la base des scores percentiles obtenus aux Matrices Colorées de Raven (AM : $M = 6.3$, différence entre les groupes = *ns*).

Compte tenu d'un effet d'institution, nous avons opté pour la division du GDI en deux sous-groupes distincts : GDI1 et GDI2. De même, les différences entre les enfants sans déficience étant très étendues, nous avons opté pour le même choix : GO1 comprend les enfants les plus jeunes (4-6 ans) et GO2 les plus âgés (7-8 ans). Le Tableau 1 indique la répartition des participants selon les groupes, les pourcentages, ainsi que les moyennes pour l'AC et l'AM. Ces quatre groupes permettront une discrimination plus fine des performances.

Tableau 1

**Répartition des participants dans chaque groupe
Pourcentage, Moyennes AC et AM**

Groupes	Nombre de participants	Pourcentage	AC ($M + ET$)	AM
GO1 (4-6 ans)	18	14.5	5;2 (3.37)	5
GO2 (7-8 ans)	18	9.7	7;8 (3.94)	7.5
GDI1	14	22.6	16;5 (11.51)	6.8
GDI2	12	19.4	17;0 (10.33)	5
TOTAL	62	100.0	10;7 (63.86)	6.1

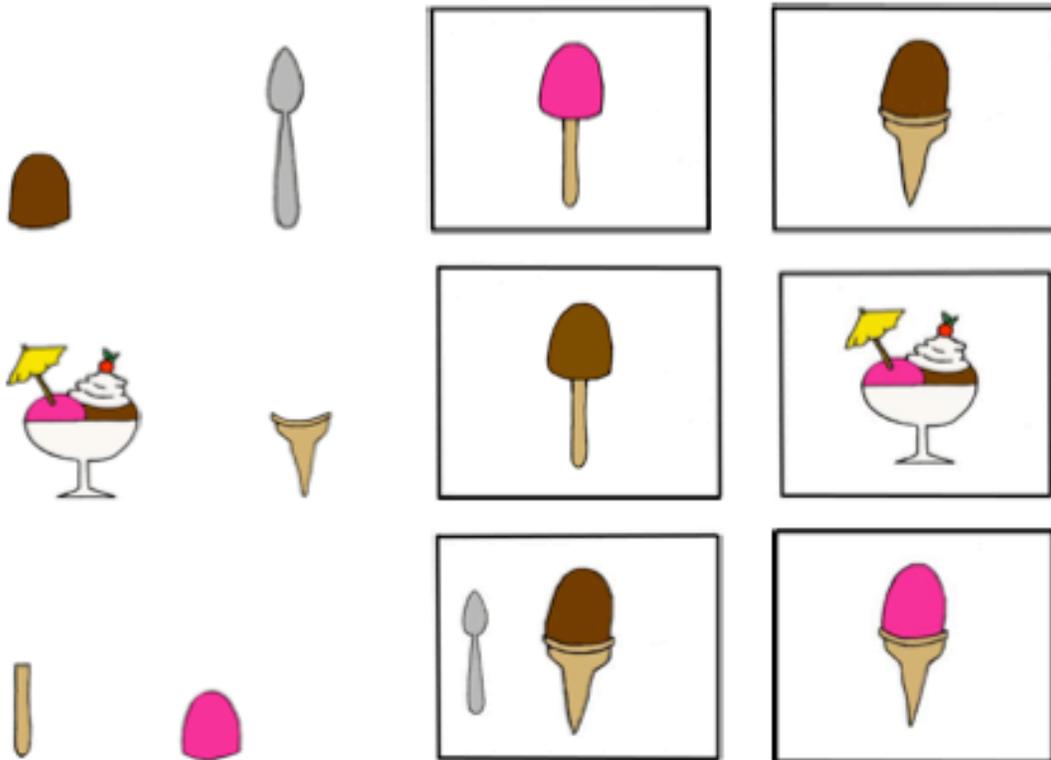
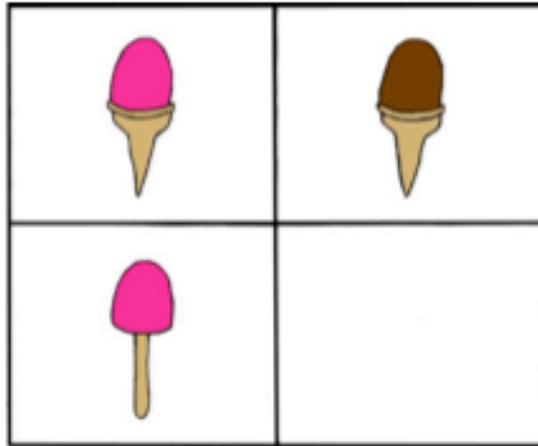
Instruments

Notre recherche vise à améliorer les faiblesses du MAC, par la création de nouveaux items, tous dessinés par la même personne (Borel, 2008), une artiste et artiste professionnelle, ce qui nous permet de garder le même style et de résoudre la première des critiques mentionnées précédemment. En outre, notre test, le MAC-2, est composé de deux versions, une de construction (même principe que dans le MAC) et une classique (même principe que dans le TAPA), ce qui nous permettra de comparer les deux versions sur un même support, qui est l'informatique, et de répondre à la deuxième critique faite à la

recherche précédente qui était d'avoir comparé un test présenté sur des matrices en bois avec un autre présenté sur écran tactile. Chaque version est composée de matrices analogiques en format 2×2 dans une modalité figurative concrète. Dans la version de construction, la réponse D doit être construite avec des éléments disponibles en permanence en bas de l'écran, tandis que dans la version classique, elle devra être choisie parmi plusieurs possibilités de réponse, une seule étant correcte. La Figure 1 présente l'item "Glace" dans chacune des deux versions, à gauche dans la version de construction et à droite dans la version classique.

Figure 1

Item « Glace »



Dans les deux versions, le nombre d'éléments de réponse augmente selon les niveaux de complexité, ce qui nous permet d'améliorer le lien entre le niveau de complexité et la difficulté empirique des items, et de répondre ainsi à la troisième critique énoncée précédemment. De plus, parmi les éléments ou images de réponse, se trouvent une ou deux associations, en l'occurrence la *coupe de glace* et la *cuillère* dans l'item *Glace*, car nous voulions vérifier si les participants raisonnaient vraiment par analogie ou étaient attirés par des associations, comme dans les recherches de Goswami et Brown (1989, 1990) mentionnées précédemment.

Chaque version est composée de quatre niveaux de complexité, caractérisés par le nombre de relations impliquées dans les matrices. Les participants sont confrontés à des matrices présentées sur écran tactile, où ils perçoivent les termes A, B et C. La

réponse D est à trouver en inférant les relations présentes entre ces trois éléments. Dans le premier niveau de complexité, il s'agit d'inférer une relation entre les éléments A et B, et une entre les éléments A et C; dans le deuxième niveau, trois relations sont à inférer : deux entre les éléments A et B, et une entre A et C; dans le troisième niveau, il y a quatre relations à inférer, dont trois entre les éléments A et B, et une seule entre A et C; enfin, dans le quatrième niveau de complexité, cinq relations sont à inférer, dont trois entre les éléments A et B, et deux entre A et C. Afin d'éviter de possibles frustrations chez nos participants, pas plus de cinq relations seront utilisées, conformément à leur empan mnésique limité. Le total des items se monte à seize, dont quatre items par niveaux de complexité, ce qui donne un total de 56 relations. Le Tableau 2 présente la répartition des relations dans les différents niveaux.

Tableau 2

**Répartition des relations dans les différents niveaux
(Total = 56 relations)**

	1 ^{er} niveau	2 ^e niveau	3 ^e niveau	4 ^e niveau
Nombre de relations entre A-B	1	2	3	3
Nombre de relations entre A-C	1	1	1	2
TOTAL par item	2	3	4	5

Les items de test sont précédés par huit items d'entraînement, permettant aux participants de se familiariser avec le matériel (écran tactile) et avec la demande de la tâche. De plus, nous avons dûment vérifié, dans une étude pilote, que les relations utilisées telles que la couleur, la forme, la taille, le type d'objet, le genre, etc. étaient connues de notre population (Borel, 2008). En outre, les participants ont la possibilité d'essayer de résoudre chaque item une seconde fois s'ils échouent lors de leur première tentative, recevant alors une aide standardisée de type « Tu as vu que la couleur avait changé entre A et B, mais regarde bien ce qui change entre A et C ». Chaque version a été administrée à chaque participant, d'après un ordre contrebalancé, avec un écart de six semaines entre les deux versions.

Hypothèses

Notre première hypothèse porte sur les différences de scores aux deux versions du test : les quatre groupes obtiendront de meilleurs scores dans la version de construction que dans la version classique, grâce aux mémoires externes. Nous formulons cette hypothèse selon l'affirmation que, dans le domaine du raisonnement analogique, le principal problème des personnes ayant un AM en dessous de la moyenne est celui d'une mémoire limitée. Les mémoires externes favoriseront les quatre groupes en déchargeant leur mémoire.

Notre deuxième hypothèse concerne les groupes : dans la version de construction, les participants ayant une DIM obtiendront des scores proches de

ceux des enfants de même AM, grâce aux mémoires externes. Selon la théorie développementale, l'une des deux théories majeures expliquant l'origine de la DI, ces deux groupes devraient avoir le même empan mnésique. Tous les enfants passent par les mêmes stades de développement cognitifs, comme exprimés par Piaget (1970), mais ceux ayant une DI ont besoin de plus de temps et atteignent un niveau moins élevé que ceux sans déficience. Par conséquent, deux personnes avec le même AM, mais un AC différent, devraient obtenir des scores identiques à des tests cognitifs (Hodapp et Zigler, 1997; Hodapp, Burack et Zigler, 1998; pour le développement de la mémoire tampon des personnes ayant une DIM, voir Frenkel, 2004).

Cette théorie a été contestée par plusieurs auteurs, constatant notamment que les personnes ayant une DI obtenaient des performances inférieures à celles des groupes appariés sur l'AM (p. ex., Milgram, 1973). Au contraire de la théorie développementale, la théorie déficitaire ou « différence » postule que tous les enfants n'ont pas la même structure cognitive et ne passent pas par les mêmes stades. Ainsi, deux personnes ayant le même AM, mais n'ayant pas le même AC, devraient démontrer des différences dans la plupart des tests cognitifs. Plusieurs processus déficients peuvent expliquer cet état de fait, notamment un déficit en mémoire à court terme ou une inefficacité à utiliser des stratégies (p. ex., Bray, Huffman et Grupe, 1998; Bray, Saarnio, Borges et Hawk, 1994; Brown, Bransford, Ferrara et Campione, 1983). Weisz et Yeates (1981) ont passé en revue une trentaine d'expériences comprenant un total de 104 comparaisons entre participants avec et sans retard mental (appellation de l'époque) appariés sur l'AM. De toutes ces expériences, seulement 24% ont corroboré la théorie déficitaire, révélant des performances significativement supérieures pour les participants sans retard mental, tandis que 72% ont soutenu la théorie développementale en ne révélant aucune différence entre participants (pour une discussion critique de l'hypothèse développementale, voir aussi Facon, 2002). Les 4% restant concernaient une troisième théorie non pertinente pour notre présent sujet.

Paour (1991) a comparé les performances d'enfants avec retard mental ayant un AM de 8 ans et un AC de 12 ans avec celles d'enfants sans retard des

mêmes âges. Les résultats ont montré que le déficit de performance des enfants avec retard mental était dû à un sous-fonctionnement cognitif d'origine motivationnelle (Büchel et Paour, 2005; Paour et Asselin de Beauville, 1998).

Afin de répondre à notre deuxième hypothèse, les deux théories vont être explorées, afin de situer nos participants. En effet, le format attrayant du support informatique, ainsi que les mémoires externes, peuvent favoriser de bonnes performances de la part de nos GDI qui peuvent se rapprocher des performances des GO, voire les égaler.

Notre troisième hypothèse concerne le nombre d'aides données dans les deux versions. Nous postulons que les deux GDI auront besoin de plus d'aides que les deux GO dans chaque version du test. En effet, leur déficience induisant des problèmes de mémorisation, les GDI pourraient requérir plus d'aides dans les deux versions.

Notre quatrième hypothèse concerne les associations : la majorité des quatre groupes raisonnera par analogie et non par association, car les analogies ont été créées avec des relations et des attributs familiers. Nous formulons cette hypothèse afin de corroborer les résultats de Goswami et Brown (1989, 1990).

Mode de dépouillement et d'analyse des résultats

En ce qui concerne la notation des items, nous avons décidé d'attribuer un point par relation correcte, ce qui monte le total des points à 56, correspondant aux 56 relations du test comme expliquées précédemment. Si nous avons choisi cette manière de coter, c'est afin de valoriser le raisonnement de nos participants. En effet, si nous avons décidé d'attribuer un point pour un item entièrement correct et zéro point pour un item entièrement faux, ce qui était notre intention initiale, nous aurions alors sous-estimé des réponses partiellement correctes, comme deux relations correctes sur un total de quatre ou trois sur un total de cinq.

Les résultats sont analysés par plusieurs tests statistiques. Les différences sont acceptées au niveau $\alpha = 5\%$.

Résultats

Notre première hypothèse postulait que les quatre groupes obtiendraient de meilleures performances

dans la version de construction que dans la version classique, en raison de la présence de mémoires externes. Le Tableau 3 présente les résultats pour chaque groupe par rapport aux deux versions.

Tableau 3

Moyennes et écarts-types des scores de chacun des groupes pour les deux versions du test (min = 0; max = 56)

	GO1		GO2		GDI1		GDI2		TOTAL	
	N	M (ET)	N	M (ET)	N	M (ET)	N	M (ET)	N	M (ET)
Version de construction	18	47.17 _a (5.64)	18	54.28 _b (2.78)	14	50.50 _{a,b} (6.42)	12	48.50 _a (4.77)	62	50.16 (5.66)
Version classique	18	47.17 _{a,b} (7.15)	18	54.35 _c (2.69)	14	49.36 _{b,c} (7.31)	12	42.00 _a (7.42)	62	48.66 (7.54)

Note. Les moyennes dans une même ligne partageant une lettre identique ne diffèrent pas significativement (test *B* de Tukey).

Des analyses de variance à mesures répétées ont montré un effet de la version (Trace de Pillai $F(1,57) = 8.361, p < .01, \eta^2 = .13$) ainsi qu'un effet d'interaction entre le groupe et la version (Trace de Pillai $F(3,57) = 5.123, p < .01, \eta^2 = .21$) sur les scores. Ceci signifie premièrement qu'il existe des différences de scores en fonction des groupes et deuxièmement que l'ampleur de ces différences varie en fonction de l'appartenance aux groupes. Pour les deux GO, les scores réalisés aux deux versions ne diffèrent pas de façon significative ($F < 1$). Le même constat est vérifié pour le GDI1, tandis que pour le GDI2, il y a une différence significative ($F(1,11) = 22.043, p < .01, \eta^2 = .67$), car ce dernier groupe obtient de meilleures performances dans la version de construction ($M = 48.50$) que dans la version classique ($M = 42.00$). Notre hypothèse est ainsi vérifiée uniquement pour le GDI2, ce qui signifie que les mémoires externes sont bénéfiques pour ce groupe, mais pas pour les trois autres.

Nous pouvons expliquer ces résultats en observant plus en détail les caractéristiques de nos participants des deux GDI. Il s'avère, après l'expérimentation et au vu des résultats exposés, que les participants du GDI1 ne présentent pas une DIM en général, mais plutôt une DI légère, ce qui n'est pas le cas de nos participants du GDI2, qui eux présentent effectivement une DIM. La différence du niveau de déficience explique, selon nous, la différence de résultats et des performances qui sont plus élevées pour le GDI1, ce qui lui permet d'être comparable au

GO2. Cependant, nous constatons aussi un effet plafond important dans le groupe GO2 et un effet un peu moins important dans les GO1 et GDI1.

Ces résultats démontrent que les participants avec DIM sont capables de raisonner par analogie, une activité cognitive complexe. À noter qu'ils ont été capables d'aller jusqu'au terme de notre test en réussissant des items de 4^e niveau de complexité, totalisant cinq relations à inférer. Toutefois, nous constatons aussi, dans les deux GDI et dans le GO1, un écart-type plus élevé d'un tiers par rapport à l'écart-type observé dans le GO2, ce qui annonce des différences interindividuelles importantes par rapport au besoin d'une mémoire externe. Cependant, une fois de plus, la variance relativement modeste du GO2 peut aussi s'expliquer par l'effet plafond (Anastasi, 1990).

Notre seconde hypothèse a postulé, pour les GDI, une augmentation des scores dans la version de construction par rapport aux scores dans la version classique, telle que ces groupes se rapprocheraient des GO. Les analyses de variance révèlent des différences entre les groupes significatives tant pour la version classique ($F(3,58) = 9.395, p < .001, \eta^2 = .33$) que pour la version de construction ($F(3,58) = 6.637, p < .01, \eta^2 = .26$). L'ampleur de ces différences est toutefois plus faible dans la version de construction qu'elle ne l'est dans la version classique.

Les tests post-hoc révèlent que notre hypothèse est partiellement confirmée : grâce aux mémoires externes, les performances du GDI1, à la version de construction, sont proches de celles des GO et ne sont ainsi pas significativement différentes (GDI1 = 50.50 comparé avec GO1 = 47.17 et GO2 = 54.28). Par contre, bien que légèrement supérieures aux performances du GO1, les performances du GDI2 sont significativement inférieures à celles du GO2 (GDI2 = 48.50 comparé avec GO2 = 54.28). Toutefois, concernant la version classique, les résultats indiquent que le manque de mémoires externes engendre des résultats significativement moins élevés pour le GDI2, signifiant que la tâche est plus difficile. Les performances les plus élevées sont réalisées par les élèves les plus âgés sans DI, et ceci dans les deux versions, suivies de celles du GDI1. Quant aux performances du GO1, elles ne sont pas significativement différentes de celles du GDI2, que ce soit dans la version de construction ou classique. En résumé, le GDI1 obtient des résultats égaux au GO2 dans les deux versions. Tandis que le GDI2 obtient des résultats significativement inférieurs au GO2 mais égaux au GO1 dans les deux versions.

Nous avons énoncé, dans notre partie théorique, deux positions majeures expliquant la présence ou non de différences entre personnes de même AM, mais d'AC différent. Au vu de nos résultats, le GDI2, le seul ayant réellement une DIM, a des résultats proches, mais non égaux aux GO, ce qui tend vers la position déficitaire. Tandis que le GDI1,

ayant plus une DI légère, obtient des résultats quasi égaux comparés à ceux des GO, les différences n'étant pas significatives, ce qui tend vers une position développementale. Nous constatons donc le rôle joué par le degré de déficience, duquel dépend le niveau de performances. Selon Paour (1991; Büchel et Paour, 2005; Paour et Asselin de Beauville, 1998), cette différence de performance pourrait être due à un sous-fonctionnement cognitif d'origine motivationnelle. Notre test est composé de deux versions qui dureraient chacune environ trente minutes, ce qui représente une longue période d'attention soutenue. En effet, dans notre GDI2, les tâches quotidiennes exercées par nos participants n'excédaient pas dix minutes. Chaque version représentait ainsi trois fois la durée maximale d'attention demandée par les éducateurs. De même, pour les enfants ordinaires les plus jeunes, cette quantité de temps pouvait représenter une demande attentionnelle trop importante. Néanmoins, chaque participant est parvenu jusqu'au terme de notre test, ce qui peut s'expliquer par l'attrait du matériel (écran tactile) et par la familiarité des dessins. Par contre, les derniers items, étant aussi les plus complexes, ont pu souffrir d'une baisse de motivation et d'attention, ce qui pourrait expliquer des résultats plus nuancés.

Notre troisième hypothèse a postulé que les deux GDI auraient besoin de plus d'aides que les deux GO dans chaque version. Le Tableau 4 présente le nombre d'aides en moyenne pour les quatre groupes dans chaque version.

Tableau 4

**Nombre d'aides en moyenne pour les quatre groupes dans chaque version
(min = 0; max = 32)**

	GO1		GO2		GDI1		GDI2	
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>
Version de construction	18	10.11 (3.82) _a	18	4.94 (2.43) _b	14	9.36 (3.67) _a	12	11.25 (4.11) _a
Version classique	18	9.50 (3.99) _{a,c}	18	3.72 (3.14) _b	14	6.93 (4.51) _{a,b}	12	11.33 (4.27) _c

Note. Les moyennes dans une même ligne partageant une lettre identique ne diffèrent pas significativement (test *B* de Tukey).

Des analyses de variance montrent un effet du groupe sur le nombre d'aides requises, tant pour la version de construction ($F(3,58) = 10.17, p < .01, \eta^2 = .35$) que pour la classique ($F(3,58) = 10.89, p < .01, \eta^2 = .36$). Ceci signifie que dans chacune des deux versions du test, le nombre d'aides varie en fonction de l'appartenance à un groupe. Dans les deux versions, c'est le GO2 qui requiert le moins d'aides et c'est le GDI2 qui en requiert le plus. Toutefois, les tests post-hoc révèlent que dans la version de construction le GDI2 ne diffère pas de manière significative du GDI1 et du GO1, mais tous les trois diffèrent du GO2. Tandis que dans la version classique, le GDI2 diffère significativement du GO2 et du GDI1, mais pas du GO1. Notre hypothèse est ainsi partiellement confirmée : dans la version de construction, le GDI2 (11.25) et le GDI1

(9.36) requièrent effectivement plus d'aides que le GO2 (4.94). Dans la version classique, par contre, seulement le GDI2 (11.33) nécessite davantage d'aides que le GO2 (3.72), puisque les différences entre ce dernier groupe et le GDI1 (6.93) ne sont pas significatives. En résumé, ce sont les deux groupes qui représentent les enfants les plus jeunes et les adolescents ayant une DIM qui nécessitent le plus d'aides, quelle que soit la version.

Enfin, notre quatrième hypothèse postulait que, dans les quatre groupes, la majorité des participants raisonnerait par analogie et ne choisirait ainsi que très peu les alternatives de réponse représentant des associations. Le Tableau 5 présente le pourcentage moyen de réponses par association pour les quatre groupes dans chaque version.

Tableau 5

Pourcentage de réponses par association pour les quatre groupes dans chaque version

	GO1		GO2		GDI1		GDI2	
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>
Version de construction	18	4.6	18	0.0	14	0.30	12	6.52
Version classique	18	9.17	18	0.74	14	3.08	12	10.13

Au total, dans les 16 items de test, 23 réponses associatives ont été proposées, qui représentent ainsi les 100%. Les pourcentages sont éloquentes, le plus élevé est d'environ 10% dans la version classique pour le GDI2, ce qui représente une faible quantité étant donné le nombre de fois où les associations ont été présentées. Notre hypothèse est donc vérifiée, car les quatre groupes raisonnent majoritairement par analogie et non par association. Ces résultats corroborent ceux de Goswami et Brown (1989, 1990) et indiquent que lorsque les analogies sont composées de relations et d'éléments familiers, les participants raisonnent en très grande majorité par analogie et non par association. Nous pouvons remarquer également que les quatre groupes ont tendance à raisonner plus par association dans la version classique que dans la version de construction.

Comme pour l'hypothèse précédente avec les aides, ce sont à nouveau les deux groupes qui ont l'AM le

plus élevé qui choisissent les associations le moins souvent et les deux groupes ayant l'AM le plus bas qui les choisissent le plus souvent. En d'autres termes, les participants du GO1 et du GDI2 requièrent davantage d'aides et ont plus tendance à raisonner par association, ceci indépendamment des versions.

DISCUSSION

De manière générale, les groupes avec l'AM le plus élevé obtiennent de meilleures performances que les deux autres groupes : leurs scores sont meilleurs dans les deux versions, ils ont besoin de moins d'aides et choisissent moins d'associations, également dans les deux versions. Par contre, l'hypothèse principale de notre recherche est confirmée, puisque dans la version de construction, permettant de décharger la mémoire grâce aux

supports externes, les GDI obtiennent des performances proches de celles des GO, qui n'ont pas de déficience, ou quasiment les mêmes scores, les différences n'étant pas significatives.

Dans son article, Büchel (2006) exposait la question de savoir si les personnes ayant une DIM avaient une limitation dans le domaine du raisonnement analogique ou plutôt une limitation de mémoire. Nos résultats indiquent que moyennant un soutien de mémoire, ces personnes sont tout à fait aptes à raisonner par analogie et n'auraient donc que des limitations qui correspondent à leur AM dans ce domaine, ce qui coïncide également avec leur empan mnésique.

Toutefois, la version de construction ne représente pas uniquement un support de mémorisation, mais peut également favoriser une manière plus analytique de résoudre les analogies. En effet, de par la décomposition des éléments de réponse, les participants peuvent traiter une relation après l'autre, sans tenir compte des autres relations présentes dans les éléments A, B et C. Ils se concentrent ainsi sur un seul aspect à la fois, au lieu de devoir observer l'ensemble d'une image comme dans la version classique, où leur manière d'analyser est plus globale. Les résultats concernant les associations vont également dans cette direction, puisque tous les participants avaient plus tendance à raisonner par association dans la version classique que dans la version de construction. La perception d'un ensemble d'éléments les conduit à être attirés par des images associatives, ce qui n'est pas le cas avec la perception d'éléments séparés.

Le traitement de la tâche pas-à-pas facilite également la régulation du contrôle métacognitif, puisque les participants choisissent un élément après l'autre, tandis que dans la version classique, ils doivent observer tous les éléments en même temps. Néanmoins, les recherches ont montré que les stratégies métacognitives (l'anticipation, la planification et le contrôle) sont très exigeantes en ressources mnésiques. Ceci signifie que l'argument métacognitif représente finalement aussi un argument de mémoire, comme nous l'avons postulé (Büchel, 2006).

Cependant, notre étude comporte quelques problèmes : premièrement à cause des GDI; lorsque nous nous étions adressés aux institutions, nous avons émis le souhait de disposer de participants ayant une DIM, mais ceci n'a été le cas que pour le GDI2, l'autre ayant une DI plutôt légère. Ceci nous a conduits à séparer le groupe DI en deux sous-groupes, ce qui a réduit la puissance des tests statistiques utilisés.

Deuxièmement, les deux versions de notre test se sont avérées trop faciles pour le GO2 et le GDII, c'est-à-dire les deux groupes ayant l'AM le plus élevé, ce qui a provoqué des effets plafonds. Par conséquent, la comparaison de ces deux groupes avec les deux autres ayant l'AM le plus bas est à considérer avec précaution.

Troisièmement, notre test pose un problème quant aux associations. Nous avons choisi par exemple une *coupe de glace* et une *cuillère* par association à une *glace*, comme illustrées dans la Figure 1, selon ce que nous pensions être le plus proche de nos analogies. Nous n'avions pas suffisamment de temps à disposition pour questionner les avis d'enfants du même âge que nos quatre groupes, ce qui aurait été une manière plus fidèle de procéder. En effet, ce que nous pensions être associé à l'une ou l'autre image ne l'était peut-être pas pour tous les enfants. C'est la raison pour laquelle une seconde version du test est d'ores et déjà disponible, dans laquelle nous avons interrogé une centaine d'enfants, afin de connaître leur opinion. Parfois nos choix s'avéraient être les mêmes que les leurs; lorsque ce n'était pas le cas, nous avons remplacé nos associations par celles qu'ils suggéraient.

CONCLUSION

Nos résultats ont des conséquences pédagogiques pour les personnes ayant une DIM, car ils démontrent que ces dernières sont capables de résoudre des matrices analogiques de différents niveaux de complexité et qu'elles peuvent obtenir des résultats proches ou égaux de ceux d'enfants de même AM lorsque les tâches leur offrent la possibilité d'utiliser des mémoires externes.

Il semble donc qu'une procédure comportant des mémoires externes permette de meilleures performances pour cette population dans le domaine du raisonnement analogique. Les implications pédagogiques de ce type d'études vont à l'encontre

de ce qui est généralement pensé par les professionnels : les personnes ayant une DIM sont capables d'atteindre des niveaux de raisonnement abstrait plus élevés que ce qu'on les croit habituellement capables de réaliser.

ANALOGICAL REASONING AND WORKING MEMORY IN ADOLESCENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Analogical reasoning, a complex cognitive activity, involves the comparison of pictures as well as the inference and memorization of relations. People with intellectual disabilities have a shorter memory span compared to regular people, which hamper them to succeed in traditional analogical tests. Our test, composed of two by two matrices is declined in two versions : a classic one, similar to traditional tests, and a construction version, allowing the use of external memories, which could increase success by unloading the memory. Thanks to the external memories, people with intellectual disabilities get results close to children of the same mental age, even equal to them. External help enables a better resolution and avoids memory overload.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER, P. A., WILLSON, V. L., WHITE, C. S., FUQUA, J. D. (1987). Analogical reasoning in young children. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 401-408.
- ANASTASI, A. (1990). *Psychological Testing (6th edition)*. New York : Macmillan Publ. Comp.
- ANGERETAS, I., GONZALEZ, L. (2002). *Construction d'un test d'apprentissage informatisé : Matrices Analogiques de Construction (MAC). De l'élaboration des items à l'analyse des résultats*. Mémoire de licence [non publié] soutenu à l'Université de Genève, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education.
- BOREL, N. (2008). *Conceptualisation et mise en images des nouveaux items du test d'apprentissage informatisé Matrices Analogiques de Construction (MAC)*. Mémoire de licence [non publié] soutenu à l'Université de Genève, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education.
- BRAY, N. W., HUFFMAN, L., GRUPPE, 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 : Edition SZH/SPC.
- BRAY, N. W., SAARNIO, D. A., BORGES, L. M., HAWK, L. W. (1994). Intellectual and Developmental Differences in External Memory Strategies. *American Journal on Mental Retardation*, 99(1), 19-31.
- BROWN, A. L., BRANSFORD, J. D., FERRARA, R. A., CAMPIONE, J. C. (1983). Learning, Remembering, and Understanding. In J.H. Flavell & E.M. Markman (Eds.), *Carmichael's Manual of Child Psychology* (Vol.3, pp. 515-529). New York : Wiley.
- 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., HESSELS-SCHLATTER, C. (2001). *Analogical Reasoning Learning Test*

- (ARLT). *Instruction manual (unpublished)*. University of Geneva, Faculty of Psychology and Educational Sciences.
- BÜCHEL, F. P., PAOUR, J.-L. (2005). Déficience intellectuelle : déficits et remédiation cognitive. *Enfance*, 3, 227-240.
- BÜCHEL, F. P., SCHLATTER, C., SCHARNHORST, U. (1997). Training and assessment of analogical reasoning in students with severe learning difficulties. *Educational and Child Psychology*, 14(4), 83-94.
- BUDOFF, M. (1987). The validity of learning potential assessment. In C. Schneider-Lidz (Ed.), *Dynamic assessment* (pp. 52-81). New York : Guilford Press.
- DIEZ, C. (1994). *Révision du test de pensée inductive. Une évaluation avec des élèves handicaps mentaux modérés*. Travail de séminaire [non publié]. Institut de Pédagogie Curative de l'Université de Fribourg.
- DULANEY, C. L., ELLIS, N. R. (1991). Long-term recognition memory for items and attributes by retarded and nonretarded persons. *Intelligence*, 15, 105-115.
- FACON, B. (2002). *Intelligence et expérience. Contribution d'une approche pathologique*. Thèse d'habilitation [non publiée] soutenue à l'Université Charles de Gaulle à Lille III, France.
- FRENKEL, S. (2004). *Évaluation 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, France.
- GALLAGHER, J. M., WRIGHT, R. J. (1979). Piaget and the study of analogy : Structural analysis of items. In J. Magary (Ed.), *Piaget and the helping professions* (Vol. 8, pp. 114-119). Los Angeles : University of Southern California.
- GOSWAMI, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. East Sussex, UK : Erlbaum.
- GOSWAMI, U., BROWN, A. L. (1989). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35, 69-95.
- GOSWAMI, U., BROWN, A. L. (1990). Higher-order structure and relational reasoning : Contrasting analogical and thematic relations. *Cognition*, 36, 207-226.
- HODAPP, R. M., BURACK, J. A., ZIGLER, E. (1998). Developmental approaches to mental retardation : A short introduction. In J.A. Burack, R.M. Hodapp, & E. Zigler (Eds.), *Handbook of Mental Retardation and Development* (pp. 3-19). Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- HODAPP, R. M., ZIGLER, E. (1997). New issues in the developmental approach to mental retardation. In W.E. Maclean (Ed.), *Ellis' Handbook of Mental Deficiency, Psychological Theory and Research* (3rd ed., pp. 115-136). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- HOLYOAK, K. J., JUNN, E. N., BILLMAN, D. O. (1984). Development of Analogical Problem-Solving Skill. *Child Development*, 55, 2042-2055.
- HULME, C., MACKENZIE, S. (1992). *Working Memory and Severe Learning Difficulties*. East Sussex, UK : Erlbaum.
- MILGRAM, N. A. (1973). Cognition and language in mental retardation : Distinctions and implications. In D.K. Routh (Ed.), *The experimental psychology of mental retardation*. Chicago : Adline.
- MILLER, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- MULHOLLAND, T. M., PELLEGRINO, J. W., GLASER, R. (1980). Components of

- Geometric Analogy Solution. *Cognitive Psychology*, 12, 252-284.
- PAOUR, J.-L. (1991). Pour une vision constructiviste de l'éducation cognitive. In J. Drévuillon (Ed.), *Les aides cognitive : Actes du colloque de Caen* (pp. 33-44). Caen : Université de Caen.
- PAOUR, J.-L. (1992). Induction of logic structures in the mentally retarded : An assessment and intervention instrument. In H.C. Haywood & D. Tzurriel (Eds.), *Interactive Assessment* (pp.119-166). New York : Springer Verlag.
- PAOUR, J.-L., ASSELIN DE BEAUVILLE, A. (1998). Une étude de la flexibilité du fonctionnement cognitif chez des adolescents présentant un retard mental léger. In F.P. Büchel, J.-L. Paour, Y. Courbois, & U. Scharnhorst (Eds.), *Attention, mémoire, apprentissage : études sur le retard mental* (pp. 17-28). Lucerne : SZH/SPC.
- PELLEGRINO, J. W. (1985). Inductive reasoning ability. In R.J. Sternberg (Ed.), *Human abilities. An information processing approach* (pp. 195-226). New York : Freeman.
- PELLEGRINO, J. W., GLASER, R. (1980). Components of inductive reasoning. In R.E. Snow, P.A. Federico, & W.E. Montague (Eds.), *Aptitude, learning and instruction* (pp. 177-217). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- PIAGET, J. (1970). Piaget's theory. In P.H. Mussen (ED.), *Carmichael's manual of child psychology* (3rd ed.). New York : Wiley.
- PIAGET, J., MONTANGERO, J., BILLETER, J. (1977). La formation des corrélats. In J. Piaget (Ed.), *Recherches sur l'abstraction réfléchissante. Vol. 1. L'abstraction des relations logico-mathématiques* (pp. 115-129). Paris : PUF.
- PRIMI, R. (2001). Complexity of geometric inductive reasoning tasks. Contribution to the understanding of fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 41-70.
- SCHLATTER, C., BÜCHEL, F. P., THOMAS, L. (1997). Test d'apprentissage de la pensée analogique pour adolescents handicapés mentaux modérés. *Revue Francophone de la Déficiência Intellectuelle*, 8(1), 37-54.
- STERNBERG, R. J. (1977). *Intelligence, information processing, and analogical reasoning : The componential analysis of human abilities*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- STERNBERG, R. J. (1982). Reasoning, Problem Solving and Intelligence. In R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Human Intelligence* (pp. 225-307). Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- STERNBERG, R. J., DOWNING, C. J. (1982). The Development of Higher-Order Reasoning in Adolescence. *Child Development*, 53, 209-221.
- SWITZKY, H. N. (1997). Individual differences in personality and motivational systems in persons with mental retardation. In W.E. MacLean (Ed.), *Ellis' handbook of mental deficiency, psychological theory and research* (3rd ed., pp.343-377). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- WEISZ, J. R., YEATES, K. O. (1981). Cognitive Development in Retarded and Nonretarded Persons : Piagetian Tests of the Similar Structure Hypothesis. *Psychological Bulletin*, 90(1), 153-178.