

Université de Montréal

La mémoire épisodique dans le développement normal et dans l'autisme

par

Karine Morasse

Département de psychologie

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures

En vue de l'obtention du grade de

Philosophiæ Doctor (PhD)

En psychologie option recherche/intervention

Juin, 2001

©Karine Morasse, 2001



BF
22
U54
2001
v. 017

Université de Montréal

La mémoire épisodique dans le développement normal et dans l'autisme

par
Karine Morisson
Département de psychologie

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
En vue de l'obtention du grade de
Philosophie Docteur (PhD)
En psychologie option recherche/intervention

Juin, 2001

©Karine Morisson, 2001



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :
La mémoire épisodique dans le développement normal et dans l'autisme

présentée par :
Karine Morasse

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Isabelle Peretz, présidente
Roger Godbout, examinateur interne
Dermot Bowler, City University, London, England, examinateur externe
Sylvie Belleville, directrice de recherche
Laurent Mottron, co-directeur de recherche
Maurice Ptito, représentant du doyen

Thèse acceptée le : 14 mai 2001

Sommaire

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'examiner le fonctionnement de la mémoire épisodique chez des individus atteints d'autisme et de le comparer à celui observé au cours du développement normal. Pour cela, des épreuves de mémorisation qui manipulent les conditions d'encodage et de récupération sont administrées à des participants normaux et porteurs d'un diagnostic d'autisme.

Le premier article de cette thèse examine le développement normal de la mémoire. En effet, l'autisme est une pathologie développementale et on ne peut l'étudier sans considérer d'abord le développement normal des processus observés. Des listes de mots sont administrées à des enfants d'âge scolaire en manipulant la nature de l'encodage (libre, syllabique, sémantique) et de la récupération (rappel libre, rappel indicé). Les résultats montrent une augmentation graduelle de la performance entre la première année du primaire et l'adolescence, qui est en partie liée à une amélioration des processus de récupération de l'information. Chez tous les groupes d'âge, le fait de procéder à un encodage sémantique et de bénéficier d'indices de récupération sémantiques favorisent le rappel. Par ailleurs, jusqu'à la troisième année du primaire, le traitement syllabique de l'information lors de l'encodage réduit le rappel en comparaison avec une condition dans laquelle on ne manipule pas le type d'encodage effectué.

Dans l'Article 2, des épreuves de mémorisation de mots comparables à celles utilisées dans l'étude sur le développement sont administrées à des adolescents et adultes atteints d'autisme. Les résultats montrent que les participants autistes rappellent autant de mots que leurs contrôles en rappel libre et en rappel indicé. Cependant, les deux types d'indices de récupération de l'information n'ont pas le même effet chez les individus atteints d'autisme et chez leurs contrôles. Chez les sujets contrôles, les indices sémantiques améliorent davantage le rappel que les indices syllabiques alors que les deux types d'indices ont le même pouvoir d'évocation pour les individus atteints d'autisme. Les résultats de cette expérience vont dans le sens de ceux d'autres études qui tendent à montrer que les individus atteints d'autisme ont une préférence pour le traitement superficiel de l'information, un traitement de bas niveau, sans pour autant montrer un déficit franc du traitement de plus haut niveau.

Dans l'Article 3, différentes épreuves de mémorisation de noms propres sont administrées à un individu atteint d'autisme et présentant une hypermnésie pour ce type de matériel. Les résultats indiquent un rappel exceptionnel et une préférence pour un traitement superficiel de l'information, notamment parce que ce sujet encode les noms selon leur ordre alphabétique peu importe la façon dont ils lui sont présentés.

En somme, le travail présenté dans cette thèse indique une anomalie de l'encodage mnésique dans l'autisme dont le caractère diffère qualitativement de ce qui est observé à différents moments du développement normal. Il montre également la façon dont les indices d'encodage et de récupération sont utilisés lors d'étapes clés du développement normal. Enfin, il appuie la validité des tâches utilisées dans un cadre clinique où le fonctionnement mnésique de différentes pathologies développementales doit être interprété à la lumière du développement normal.

Table des matières

S ommaire	iii
T able des matières	v
R emerciements	viii
C hapitre I: Introduction générale	1
1. L'autisme	2
1.1 Critères diagnostiques	2
1.2 La cognition dans l'autisme	2
2. La mémoire et les fonctions exécutives	3
3. Les hypothèses postulant un trouble de la mémoire chez les individus atteints d'autisme	4
3.1 L'hypothèse d'une anomalie de type amnésique	4
3.2 L'hypothèse d'un trouble des fonctions exécutives	6
3.3 L'hypothèse d'un trouble de la mémoire sémantique	8
4. Les capacités spéciales dans l'autisme	9
4.1 Les mémorisateurs prodiges	10
5. L'autisme dans une perspective développementale	11
6. Le développement normal de la mémoire	13
6.1 Le développement des processus d'encodage et de récupération de l'information en mémoire ...	14
7. Objectifs généraux de la thèse	16
7.1 Objectifs spécifiques et hypothèses	17

C hapitre II: Partie expérimentale	20
The role of semantic and syllabic processing in Word-	
list learning in typically developing children	21
A Study of Memory Functioning In Individuals with	
Autism	55
Atypical Memory Performance in an Autistic Savant ..	79
C hapitre III: Discussion générale	100
1. Résumé des objectifs et des résultats	100
2. Le développement normal de la mémoire	102
2.1 Efficacité générale de la mémoire épisodique	102
2.2 Processus d'encodage et de récupération de	
l'information	102
2.3 Niveaux de traitement	104
2.4 Production et utilisation des stratégies	
mnésiques	105
3. La mémoire dans l'autisme	106
3.1. La contribution de l'étude de cas d'un individu	
présentant une hypermnésie pour les noms	
propres	109
3.2. La mémoire dans l'autisme, aspects	
développementaux	110
4. Pertinence clinique des outils d'évaluation ..	111
5. Voies de recherche futures	113
R éférences	115

À Nathaniel, mon ancrage à la terre ferme, qui fut le patient spectateur de chaque journée de ce long périple.

Remerciements

À Sylvie, qui a su m'épauler et me supporter dans les moments où le courage me manquait, qui a su diriger mes pas sans m'imposer la route. Grâce à ta rigueur scientifique, à ta générosité, à ton intégrité et à ta gentillesse, j'ai pu atteindre le bout de mon chemin malgré les embûches rencontrées.

À Laurent, qui sait si bien transmettre son enthousiasme et son amour de la recherche, et qui jusqu'au bout m'a accompagnée malgré les détours et la longueur de la route.

À Bernard, qui m'a inlassablement supportée, encouragée et écoutée. À Hélène, ma jumelle spirituelle et complice doctorale. À Nancie, ma collègue, mais aussi ma précieuse amie. Votre présence et votre amitié ont enrichi mon escapade doctorale et continuent d'enseigner ma vie.

À Francine-Sophie, Brigitte et Stéphanie, qui ont gentiment accepté de prendre des bouchées doubles le temps que je termine cet ouvrage, ainsi qu'à Louis et à Laure, mes remplaçants inestimables. À Orfeo, qui a fait mille prouesses pour me permettre de combiner mes univers professionnel et académique, et à Nicole qui a patiemment accepté mes étourderies de fin de parcours.

À Richard, Judith et Annie, à Marc, à Claudine et à Stéphane, qui depuis tant d'années m'ont fait réaliser l'importance d'avoir de vrais amis sur qui on peut toujours compter.

À mes parents, qui grâce à leur amour, à leur dévouement et à leur confiance en moi m'ont donné les bases nécessaires pour oser entreprendre cette grande et belle aventure.

À mon fils Nathaniel, dont l'amour et la confiance sont sans limites, peu important les obstacles et les chagrins.

Aux enfants, parents, enseignants et directions des écoles des Pionniers et Montarville, à tous les participants atteints d'autisme et à leur famille ainsi qu'aux sujets contrôles.

Merci enfin à Claire et à Janet qui ont révisé les textes de cette thèse, à Johanne, la pro des ordinos, ainsi qu'au CRSNG, à la FCFDU, au REPAR, au FRSQ et au GRENE qui m'ont permis de me consacrer à mes études sans m'inquiéter de ce que je mangerais le lendemain.

Chapitre I: Introduction générale

L'autisme infantile est un trouble grave du développement affectant plusieurs aspects de la vie de ceux qui en sont atteints. Non seulement la cause biologique de l'autisme est-elle encore inconnue, mais on ignore aussi ce qu'il y a de commun entre les différents symptômes observés. L'idée la plus souvent proposée est celle d'un ou de quelques déficits cognitifs ayant des répercussions sur plusieurs secteurs du traitement de l'information, dont la mémoire (Morton et Frith, 1994). L'objectif général de cette thèse est d'enrichir les connaissances sur les troubles cognitifs observés dans l'autisme, afin de permettre une meilleure compréhension de la maladie et d'élargir les horizons des interventions possibles auprès des gens qui en souffrent. Cet objectif sera réalisé en examinant les processus de mémoire chez des adolescents et des adultes atteints d'autisme. La présente thèse vise également à contribuer à la compréhension du développement normal de la mémoire.

La partie expérimentale de cette thèse est présentée sous forme de trois articles. Le premier article traite du développement normal de la mémoire chez des enfants de 6 à 17 ans. Le second article explore le fonctionnement de la mémoire chez des individus atteints d'autisme et le dernier article étudie le fonctionnement mnésique d'un individu autistique possédant une mémoire exceptionnelle pour les noms propres. L'introduction générale, précédant les articles, vise à situer le lecteur dans le contexte et à exposer les éléments théoriques nécessaires à la compréhension de la partie expérimentale. Elle permet aussi de saisir le fil conducteur de la thèse. À la suite d'un bref exposé décrivant l'autisme, il sera question de la mémoire épisodique et de ses liens avec la mémoire sémantique et les fonctions exécutives. Par la suite, l'attention du lecteur sera portée sur les troubles de la mémoire dans l'autisme. Nous exposerons les différents éléments suggérant une atteinte des fonctions cognitives et notamment de la mémoire chez les individus atteints d'autisme. Il sera ensuite question des éléments théoriques et méthodologiques se rapportant à l'étude des pathologies développementales, dont l'autisme fait partie. Finalement, le développement normal de la mémoire sera abordé en fonction des théories proposées au cours des dernières décennies. La discussion générale de la thèse fera suite à la présentation des articles.

Cette section vise à résumer les conclusions des trois études et à faire le lien entre elles.

1. L'autisme

1.1 Critères diagnostiques

Selon le DSM-IV, les critères diagnostiques de l'autisme sont regroupés en trois catégories de comportements (APA, 1994). La première est une altération qualitative des interactions sociales réciproques. On remarque notamment des déficits des comportements non verbaux tels que le contact visuel et l'expression faciale. On remarque aussi l'incapacité à développer avec les pairs des relations appropriées au niveau de développement ainsi que l'absence de partage des joies, des intérêts ou des réalisations. La deuxième catégorie de comportements regroupe des troubles de la communication, dont un retard de développement du langage oral qui n'est pas compensé par d'autres modes de communication. Chez les enfants ayant développé un langage adéquat, on note une difficulté à entreprendre ou à maintenir une conversation avec d'autres, un usage répétitif et stéréotypé du langage ou même un langage idiosyncrasique. Le jeu représentatif spontané est aussi en deçà du niveau de développement. Enfin, la dernière catégorie de signes décrit les comportements, activités et intérêts répétitifs et stéréotypés. Il peut s'agir d'une préoccupation envahissante pour des domaines d'intérêts étroits, d'une adhérence apparemment inflexible à des routines ou des rituels non fonctionnels spécifiques, de maniérismes stéréotypés et répétitifs ou de préoccupations persistantes pour des parties d'objets. Les symptômes de ces trois catégories de comportements, présents à l'âge où se fait le diagnostic, s'accompagnent d'un retard ou d'un fonctionnement anormal avant l'âge de trois ans dans au moins un des domaines suivants: (1) les interactions sociales, (2) le langage comme moyen de communication sociale et (3) le jeu symbolique ou imaginaire.

1.2 La cognition dans l'autisme

Trois hypothèses cognitives concernant l'autisme impliquent une anomalie de l'un ou l'autre des systèmes mnésiques: l'hypothèse d'un trouble de type amnésique (par exemple, Boucher, 1981; Delong, Bean et Brown, 1981), celle d'un trouble des fonctions exécutives (par exemple, Rumsey et Hamburger, 1988) et finalement celle

d'un déficit sémantique (par exemple, Tager-Flusberg, 1985, 1986). Avant d'expliquer chacune de ces hypothèses, nous décrirons succinctement les systèmes cognitifs concernés.

2. La mémoire et les fonctions exécutives

Il est généralement admis que la mémoire n'est pas une fonction unitaire et qu'elle peut être divisée en plusieurs systèmes. La mémoire de travail est celle qui permet de maintenir des informations en mémoire durant quelques instants et de faire des opérations mentales sur ces informations (Baddeley, 1986). C'est le système utilisé pour faire du calcul mental ou pour retenir un numéro de téléphone pendant qu'on cherche son carnet d'adresses. La mémoire à long terme, quant à elle, est un système qui entrepose l'information pour de plus longues périodes de temps, allant de quelques minutes à plusieurs années. On divise généralement la mémoire à long terme en mémoire déclarative et en mémoire non déclarative (Tulving, 1972). La mémoire non déclarative se rapporte notamment à l'apprentissage d'habiletés et de procédures. L'accès à cette mémoire se fait de façon automatique et ne nécessite pas d'effort conscient. La mémoire déclarative quant à elle réfère aux connaissances et aux souvenirs que possède une personne. L'accès à la mémoire déclarative se fait de façon volontaire. Ce système de mémoire se divise en mémoire épisodique et en mémoire sémantique. Ces concepts sont définis dans la partie expérimentale de la thèse, mais résumons-en ici les principaux aspects.

La mémoire épisodique inclut les détails des événements passés ainsi que leur contexte spatio-temporel, c'est-à-dire où et quand les épisodes se sont produits (Tulving, 1972, 1983). C'est grâce à la mémoire épisodique qu'une personne peut se souvenir de ce qu'elle a mangé hier, du jour de son mariage ou d'un film qui l'a marquée. La mémoire sémantique regroupe les connaissances linguistiques et conceptuelles que possède un individu. Cela inclut les caractéristiques fonctionnelles, les caractéristiques structurelles et les définitions d'objets abstraits et concrets. C'est grâce à la mémoire sémantique que l'on sait qu'une chaise a quatre pattes, que René Lévesque a été Premier Ministre du Québec ou que le mot « lit » réfère à un meuble utilisé pour dormir. On considère que les unités de base de ce type de mémoire sont les « concepts », définis comme les représentations mentales de catégories d'éléments (Medin et Smith, 1984). Bien que la mémoire sémantique et la mémoire épisodique

soient considérées comme deux systèmes séparés, les liens entre eux sont importants (Tulving, 1972, 1983). Par exemple, les connaissances en mémoire sémantique permettent de faciliter le rappel en mémoire épisodique, en limitant le nombre d'éléments possibles à rappeler à ceux qui sont plausibles selon les circonstances. De plus, les informations sur un domaine particulier sont plus faciles à mémoriser pour un expert que pour un novice dans ce domaine (Ericsson, Krampe et Tesch-Römer, 1993). Par ailleurs, la mémorisation d'informations est facilitée par la mise en jeu de certaines fonctions exécutives.

Le terme fonctions exécutives est utilisé pour rendre compte de phénomènes tels que la formulation de buts, la planification, ou encore la mise en oeuvre de stratégies pour atteindre un but et augmenter l'efficacité des performances (Stuss et Benson, 1986). Des troubles des fonctions exécutives ont été décrits chez les patients ayant subi des lésions des lobes préfrontaux du cerveau. Pour Moscovitch (1992a et b), les fonctions exécutives jouent un rôle majeur dans la mémoire. L'auteur explique que des lésions préfrontales affectent les aspects organisationnels et stratégiques de la mémoire qui sont nécessaires pour élaborer des stratégies d'encodage, pour guider la recherche lors de la récupération de l'information en mémoire et pour utiliser l'information mnésique afin de diriger la pensée et de planifier les actions futures. On explique donc ainsi que la reconnaissance est généralement normale chez les patients frontaux, alors que le rappel de listes demandant de catégoriser les éléments, le rappel d'histoires logiques et le rappel libre s'il nécessite des stratégies de recherche ou de récupération en mémoire, sont déficitaires chez ces patients.

3. Les hypothèses postulant un trouble de la mémoire chez les individus atteints d'autisme

L'observation d'individus atteints d'autisme a mené à différentes hypothèses quant à leur fonctionnement mnésique. Les hypothèses dont nous traiterons ici concernent la mémoire déclarative (épisodique). Peu d'études se sont par ailleurs intéressées à la mémoire procédurale ou non-déclarative dans l'autisme. La mémoire procédurale n'a pas été étudiée. Par ailleurs, il existe des indications voulant que la mémoire implicite soit normale (voir Benetto, Pennington et Rogers, 1996).

3.1 L'hypothèse d'une anomalie de type amnésique

Plusieurs auteurs ont postulé l'existence d'un trouble de la mémoire apparenté à l'amnésie chez les individus atteints d'autisme. L'amnésie se définit par un déficit massif de la mémoire épisodique, responsable du stockage d'événements autobiographiques. Boucher et Warrington (1976) font l'hypothèse de similitudes entre l'autisme et le syndrome amnésique, à partir de l'étude des performances de sujets autistiques de bas niveau intellectuel à des tâches de mémoire. Dans cette étude, les sujets autistes ont éprouvé des difficultés aux épreuves de rappel libre et de reconnaissance, alors que le rappel indicé et l'apprentissage de paires associées se sont avérés normaux. Les auteurs ont conclu à un profil de performances qualitativement comparable à celui de patients amnésiques. Boucher (1981) a observé par la suite que l'effet de primauté dans un rappel de mots était diminué chez ses sujets autistiques, comme chez des patients amnésiques. Delong (DeLong, Bean et Brown, 1981; Delong, 1992) a lui aussi suggéré un lien entre l'autisme, l'amnésie et un dysfonctionnement hippocampique.

Des études neuroanatomiques ont par ailleurs appuyé l'hypothèse d'un trouble de type amnésique dans l'autisme. D'une part, des anomalies histologiques ont été découvertes dans l'hippocampe et les structures associées du cerveau d'individus atteints d'autisme (Bauman et Kemper, 1985; Raymond, Bauman et Kemper, 1989). On sait que des lésions bilatérales de ces structures provoquent le syndrome de Kluver-Bucy ainsi que des amnésies sévères. Chez le singe, le syndrome de Kluver-Bucy comporte une agnosie visuelle (trouble de la reconnaissance des objets), une hyperoralité, une hypermétamorphose (réactivité de vigilance accentuée et non discriminée pour tout stimulus visuel) et des changements émotionnels. De nombreuses analogies entre les comportements propres au syndrome de Kluver-Bucy et à l'autisme ont été mises en lumière par Heltzer et Griffin (1981). Les auteurs soulignent par exemple que les déficits dans les comportements sociaux adaptatifs et le manque de reconnaissance de la signification des personnes, objets et événements sont des caractéristiques essentielles de l'autisme. Ils notent aussi le manque de réponses émotionnelles, les contacts visuels restreints, le peu d'attachement émotif et les préoccupations des enfants autistiques pour certains objets sans égard à leur fonction. Ils remarquent finalement l'exploration minutieuse que font ces enfants des nouveaux objets dans tous leurs détails, parfois même en les mettant dans leur bouche ou en les

reniflant. D'autre part, la recherche animale a mis en évidence des comportements de type autistique chez des singes ayant subi peu après la naissance une ablation bilatérale des structures temporales médianes (complexe amygdalo-hippocampique) (Bachevalier, 1991, 1994, Bachevalier et al., 1999; Bachevalier et Merjanian, 1994, Malkova et al., 2000). Les animaux présentaient dès l'âge de deux mois des troubles socio-affectifs associés à une amnésie sévère, en dépit de performances normales dans certaines tâches d'apprentissage procédural.

Cependant, plusieurs études ont montré que les capacités d'apprentissage étaient préservées chez des individus autistiques. Notamment, les difficultés de type amnésique n'ont pas été retrouvées chez des sujets atteints d'autisme en comparaison avec des contrôles normaux ou appariés au niveau du quotient intellectuel (Ameli et al., 1988; Bartak, Rutter et Cox, 1975; Hermelin et O'Connor, 1975). Rumsey et Hamburger (1988) ont utilisé des sous-tests de l'échelle de mémoire de Wechsler pour conclure que l'autisme n'affecte pas la consolidation, le stockage et la récupération de l'information, processus qui sont touchés dans l'amnésie. Boucher (1978) a montré que la mémoire échoïque des sujets autistiques était comparable à celle d'individus normaux. Minshew et Goldstein (1993) n'ont pas non plus mis en évidence de trouble du rappel ou de la reconnaissance dans l'autisme. Par ailleurs, Tager-Flusberg (1991) attribue le déficit mnésique observé chez les sujets autistiques à une incapacité d'utiliser spontanément des stratégies sémantiques d'encodage et de récupération de l'information en mémoire plutôt qu'à une véritable incapacité de l'enregistrer. Les difficultés dans le rappel de l'information pourraient ainsi refléter soit un trouble concernant les aspects stratégiques de la mémorisation (fonctions exécutives), soit un déficit spécifique de la mémoire sémantique.

3.2 L'hypothèse d'un trouble des fonctions exécutives

Plusieurs caractéristiques de l'autisme évoquent un déficit des fonctions exécutives (Ozonoff, Pennington et Rogers, 1991). Les patients atteints de cette maladie font preuve de comportements rigides et inflexibles, plusieurs d'entre eux agissent selon des routines très précises et sont extrêmement perturbés par le moindre changement dans leurs habitudes. Ils font preuve de persévérance, ayant des champs d'intérêts très restreints ou manifestant de façon répétitive des comportements

stéréotypés. De plus, les autistes ne semblent pas orientés vers le futur et ont du mal à anticiper les conséquences à long terme de leurs actes ou à s'autoréguler. Ils sont souvent impulsifs, ayant du mal à différer ou à inhiber leurs réponses. Steel, Gorman et Flexman (1984) furent les premiers à rapporter un déficit des fonctions exécutives dans l'autisme, chez un adulte autiste d'intelligence quasi normale. Rumsey et ses collaborateurs ont ensuite étudié les fonctions exécutives chez des groupes de sujets autistiques (Rumsey, 1985; Rumsey et Hamburger, 1988, 1990). Des déficits furent observés au Wisconsin Card Sorting Test (WCST) ainsi qu'à d'autres épreuves de résolution de problèmes. Ozonoff, Pennington et Rogers (1991) mirent eux aussi en évidence de mauvaises performances au WCST, ainsi qu'à la Tour de Hanoï, chez un groupe d'enfants et de jeunes adultes autistiques.

Les travaux portant sur la mémoire des sujets autistes ne sont pas incompatibles avec l'hypothèse d'un déficit des fonctions exécutives. Selon cette interprétation, les anomalies mnésiques présentées par les sujets autistiques ne se situeraient pas au niveau de la mémoire en tant que telle, mais plutôt au niveau des stratégies d'encodage ou de récupération de l'information en mémoire. Plusieurs auteurs ont suggéré que les individus atteints d'autisme n'encodent pas efficacement l'information. Par exemple, ils n'ont pas tendance, contrairement aux sujets normaux, à regrouper les éléments à mémoriser en fonction de leurs caractéristiques sémantiques afin d'améliorer leur rappel (Hermelin et O'Connor, 1967, 1970; Minshew et Goldstein, 1993; Tager-Flusberg, 1986, 1991). Ozonoff et *al.* (1991), en utilisant une épreuve de mémoire (Buschke Selective Reminding) ont aussi obtenu des résultats compatibles avec une difficulté à organiser l'information lors de l'encodage. Tager-Flusberg (1991), quant à elle, suggère plutôt un déficit au niveau des processus de récupération de l'information. Elle a comparé l'efficacité d'indices de récupération phonologiques et sémantiques lors du rappel et a trouvé que les individus atteints d'autisme bénéficient autant que leurs contrôles appariés des deux types d'indices. Selon elle, les personnes souffrant d'autisme auraient une mémoire sémantique normale, mais n'utiliseraient pas spontanément leurs connaissances antérieures afin d'améliorer la récupération de l'information en mémoire (Boucher et Warrington, 1976; Tager-Flusberg, 1985a et b, 1986, 1991). Il existe cependant des indications en faveur d'un désordre sémantique dans l'autisme.

3.3 L'hypothèse d'un trouble de la mémoire sémantique

De nombreux indices cliniques suggèrent que les autistes éprouvent des difficultés d'ordre sémantique. Certains signes caractéristiques de l'autisme tels que les écholalies, les comportements verbaux rituels, l'usage littéral du langage et les difficultés de compréhension portent à croire que les autistes ne parviennent pas à saisir adéquatement le sens des mots et des événements. De plus, ils mémorisent de façon intégrale de nombreuses informations sans donner l'impression de les comprendre. Peu de recherches ont étudié la mémoire sémantique chez les sujets autistiques. Elles l'ont fait à travers l'étude de leur comportement spontané, de leurs habiletés de catégorisation, de rappel de listes d'éléments et d'utilisation de règles sémantiques (pour une revue, voir Mottron et Belleville, 1994). Les résultats expérimentaux obtenus ne mettent cependant pas en évidence de trouble clair de la mémoire sémantique. En effet, les sujets autistes arrivent à nommer adéquatement les objets et à les classer en catégories (Tager-Flusberg, 1985a et b, 1986). De plus, au moins certains d'entre eux traitent adéquatement les aspects sémantiques de plusieurs stimuli (Bryson, 1983).

Certains indices évoquent par ailleurs une faiblesse dans la connaissance des propriétés fonctionnelles des objets. Les individus atteints d'autisme auraient des difficultés à apparier des objets avec leur complément fonctionnel (une vis avec un tournevis), mais réussiraient sans mal à apparier deux parties d'un même objet (Fay et Schuler, 1980, rapporté dans Mottron et Belleville, 1994). Les connaissances structurelles pourraient donc être mieux préservées que les connaissances fonctionnelles chez les individus atteints d'autisme. Ces observations sont compatibles avec l'hypothèse de Ricks et Wing (1975) suggérant que les sujets autistiques ont du mal à comprendre des concepts qui ne sont pas définis prioritairement par les propriétés perceptuelles de leurs éléments. Les individus atteints d'autisme pourraient donc posséder une organisation sémantique apparemment normale, mais basée sur des critères différents de ceux utilisés par les individus non autistiques (les propriétés perceptuelles plutôt que les propriétés fonctionnelles) (voir Mottron et Belleville, 1994).

La mémoire sémantique peut être examinée à travers l'influence qu'elle exerce sur la mémoire épisodique. En effet, le sujet normal utilise sa mémoire sémantique

pour soutenir et pour enrichir son rappel épisodique (Tulving, 1983). Cette influence se retrouve autant lors de l'encodage en mémoire à long terme que lors de la récupération de l'information. Ainsi, selon le principe de la profondeur d'encodage (Craik et Lockhart, 1972), la force de la trace laissée en mémoire épisodique dépend du type de traitement auquel est soumise l'information lors de l'encodage. Un encodage de surface entraîne un moins bon rappel qu'un encodage plus profond impliquant la création d'une représentation plus abstraite, ou sémantique. Il semble d'ailleurs que l'individu normal privilégie spontanément un mode d'encodage sémantique plutôt que plus superficiel lors de l'emmagasinage de l'information en mémoire à long terme (Belleville et al. en préparation, Craik et Lockhart, 1972, Lockhart et Craik, 1990). De plus, la mémoire sémantique joue un rôle important lors de la récupération d'un événement épisodique en limitant les éléments rappelés à ceux qui sont sémantiquement plausibles compte tenu de la situation (Rumelhart et Ortony, 1977; Schank et Abelson, 1977). On peut donc étudier la mémoire sémantique à travers l'impact de l'organisation sémantique sur le rappel en mémoire épisodique. Ainsi, les études de Tager-Flusberg (1985a et b, 1986, 1991) montrant une difficulté à utiliser les connaissances sémantiques pour améliorer le rappel pourraient être le reflet d'un trouble spécifique à la mémoire sémantique plutôt que d'un trouble plus général des fonctions exécutives.

4. Les capacités spéciales dans l'autisme

Les hypothèses mnésiques de l'autisme sont contraintes par le fait que certaines personnes atteintes de cette maladie possèdent des capacités spéciales dans une ou plusieurs sphères de la mémoire. On définit une capacité spéciale comme un îlot d'habiletés présentant un niveau clairement supérieur au fonctionnement global d'un individu porteur d'un handicap développemental. Ce phénomène se retrouve fréquemment chez les individus atteints d'autisme. Selon Rimland et Fein, 1988, on retrouve des capacités spéciales chez 10 % des personnes avec autisme. Par ailleurs, le profil intellectuel des autistes est généralement caractérisé par des résultats nettement plus élevés dans certains domaines que dans d'autres (Frith et Happé, 1994). Ainsi, un très grand nombre de personnes avec autisme montre un pic d'habileté au sous-test Bloc à dessin du WAIS. Les capacités spéciales ne semblent se présenter que dans un nombre restreint de domaines d'activités (mémorisation de listes, calcul, calendriers, musique, lecture) et peuvent atteindre et souvent même dépasser le niveau des

individus normaux. Cependant, une habileté inférieure à la normale en valeur absolue peut aussi être considérée comme une capacité spéciale, si le niveau général de fonctionnement de l'individu est plus faible que le niveau atteint par cette habileté.

Bien que le lien entre les pics d'habiletés et les capacités spéciales des personnes autistes ne soit pas clair, il semble y avoir des points communs entre les deux (Frith, 1997). Compte tenu de ces différents facteurs, les capacités spéciales sont reconnues comme très fréquentes dans l'autisme et sont même considérées comme un des symptômes caractéristiques de cette maladie (Frith et Happé, 1994). On pourrait donc supposer que ces pics et capacités spéciales sont inhérentes à l'autisme et font partie intégrante de la pathologie. Ils pourraient en effet constituer l'indicateur de particularités cognitives chez cette population. Pour cette raison, l'étude approfondie de ces capacités a été proposée comme une façon privilégiée de comprendre les anomalies cognitives de l'autisme.

Par ailleurs, selon l'approche de la neuropsychologie cognitive, l'étude des fonctions cognitives d'individus atteints de certaines pathologies est un moyen privilégié de comprendre le fonctionnement normal du cerveau. Cela s'applique tant pour les pathologies acquises à l'âge adulte (voir notamment Ellis et Young, 1988) que pour les pathologies développementales (voir Temple, 1997). Ainsi, l'étude approfondie des capacités spéciales chez des individus atteints d'autisme peut nous donner non seulement des informations sur le fonctionnement mnésique des personnes autistes, mais aussi sur le fonctionnement de la mémoire en général.

4.1 Les mémoriseurs prodiges

Parmi les capacités spéciales retrouvées chez des individus atteints d'autisme, on observe notamment la mémorisation de listes d'éléments. L'hypermnésie chez les individus atteints d'autisme se situe dans une quantité restreinte de domaines. On observe par exemple fréquemment la mémorisation d'horaires de trains, de numéros d'autobus ou de dates de calendriers (Rimland et Fein, 1988). Ce phénomène suggère qu'il existe certaines caractéristiques propres aux différents domaines de prédilection des autistes hypermnésiques. Ces caractéristiques pourraient avoir un lien avec la façon particulière dont les individus atteints d'autisme mémorisent l'information.

Dans l'étude de la mémoire d'un individu autistique mémorisateur de noms propres (N. M.), Mottron, Belleville et Stip (1996) suggèrent que les noms propres sont

fondamentalement différents des autres types de mots, notamment les noms communs. En effet, alors que les noms propres sont normalement plus difficiles à récupérer en mémoire et à mémoriser que les noms communs, N. M. montre une hypermnésie des noms propres qui ne se retrouve pas avec des noms communs. Parmi les caractéristiques qui distinguent les noms propres des noms communs, on note que les noms propres réfèrent généralement à un seul élément spécifique, alors que les noms communs réfèrent plutôt à des classes d'éléments qui peuvent différer les uns des autres. On note aussi que les noms propres n'ont pas en soi de sens, de représentation en mémoire sémantique, contrairement aux noms communs qui réfèrent généralement aux concepts en mémoire sémantique. De plus, les noms propres sont attribués arbitrairement. Le fait de connaître le nom d'une personne ne donne pas nécessairement d'informations sur l'apparence et les différentes caractéristiques de cette personne. Il n'en est pas de même par exemple du nom "chaise", qui est attribué à des meubles servant à s'asseoir et possédant généralement quatre pattes.

En fait, toutes ces caractéristiques des noms propres en font des mots qui ont une référence en mémoire sémantique plus faible que les noms communs. Le fait que N. M. mémorise les noms propres de manière exceptionnelle alors que sa mémoire pour les noms communs est comparable à celle de contrôles appariés pourrait refléter une organisation ou un fonctionnement atypique de sa mémoire sémantique. De plus, les différents types d'information privilégiés par les autistes mémorisateurs prodiges semblent aussi être des informations ayant peu de références en mémoire sémantique (horaires de trains, numéros d'autobus, dates de calendriers). Il serait possible que ces capacités spéciales soient le reflet d'un patron spécifique de fonctionnement ou d'organisation de la mémoire sémantique qui puisse être commun à tous les autistes porteurs de capacités spéciales, voire à tous les autistes. Cela irait dans le sens de l'hypothèse d'un déficit de la mémoire sémantique dans l'autisme. L'étude approfondie du fonctionnement mnésique de N. M. pourrait donc nous apporter des éléments importants sur le type de déficit cognitif retrouvé dans l'autisme.

5. L'autisme dans une perspective développementale

L'autisme est une maladie du développement, ce qui doit être pris en compte sur les plans théorique et méthodologique dans l'étude d'une fonction cognitive particulière. En effet, comme l'autisme se manifeste avant que le développement des

fonctions cognitives ne soit complété, on ne peut étudier cette maladie de la même façon, et avec les mêmes prémisses, que lorsqu'on étudie des pathologies survenues plus tardivement, à l'âge adulte par exemple. Du fait de la plasticité cérébrale, on peut s'attendre à ce qu'une anomalie développementale entraîne la réorganisation des fonctions cognitives, notamment celles qui sont en développement au moment de l'apparition de la pathologie.

De plus, le développement des enfants autistes est caractérisé par des retards et des poussées (Fish, Shapiro, Halpern et Wile, 1965), des régressions (Harper et Williams, 1975; Hoshini et *al.*, 1987) et des inégalités entre les différents domaines de fonctionnement (Loveland et Kelley, 1988; Snow, Hertzog et Shapiro, 1987; Volkmar et *al.*, 1987). Dans le domaine de la communication par exemple, Burack et Volkmar (1992) ont observé que les enfants autistiques suivaient généralement les mêmes séquences de développement que les autres enfants, mais à un rythme différent et avec des régressions plus fréquentes et plus importantes. L'étude de l'autisme doit donc se faire en comparaison avec le développement normal, notamment afin de savoir si les comportements observés chez les individus atteints d'autisme sont spécifiques à cette maladie ou s'ils sont simplement une conséquence des retards de développement de ces individus.

Lorsqu'un déficit d'une fonction cognitive est observé en cours de développement, il est possible que cette fonction ne se développe jamais complètement, mais il est possible aussi qu'elle se développe simplement avec un délai, et qu'elle apparaisse plus tard que chez les enfants normaux. Il est enfin possible que la fonction se développe de façon atypique, ou que des mécanismes compensatoires se mettent en place pour permettre de réaliser cette fonction, mais de façon différente que chez les individus se développant normalement. Cela peut résulter en une performance qualitativement ou quantitativement différente de celle de sujets normaux, mais peut aussi se traduire par une performance comparable.

Un autre facteur important à considérer dans l'étude de l'autisme est la présence fréquente de retard intellectuel chez les personnes atteintes. En effet, un bas niveau de développement général risque d'interférer avec le profil spécifique de déficits cognitifs (Burack et Volkmar, 1992). Un exemple courant est celui des théories de l'esprit. Dès l'âge de trois ou quatre ans, les enfants normaux commencent à "mentaliser", à être conscients qu'ils ont des pensées et des états mentaux et que ceux-

ci peuvent être différents de ceux d'autres personnes. C'est alors notamment qu'ils développent des capacités d'empathie. Les enfants atteints d'autisme n'acquièrent ces habiletés que tardivement, et seulement à partir d'un certain niveau de développement (Frith, 1989). Seuls les individus atteints d'autisme atteignant un haut niveau de fonctionnement intellectuel (Q.I. normal ou quasi normal) développent des théories de l'esprit, et le niveau de complexité des tâches qu'ils peuvent réaliser dans ce domaine est intimement lié à leur niveau général de fonctionnement et de langage (Happé, 1996). L'observation d'enfants autistes n'ayant atteint qu'un faible niveau de développement, soit en raison de leur jeune âge ou d'un retard intellectuel, ne permet pas de mettre en évidence l'acquisition de théories de l'esprit. Il est alors facile de généraliser et de croire que l'une des caractéristiques de l'autisme est une absence de théories de l'esprit.

Il est donc important, lorsqu'on étudie les fonctions cognitives chez des individus atteints d'autisme, de prendre ces facteurs développementaux en considération. Une des façons d'éviter ces difficultés consiste à choisir des individus ayant atteint un niveau de développement élevé, tant au point de vue de leur âge chronologique que de leur fonctionnement intellectuel. Cela permet de diminuer l'incertitude causée par la possible interférence du faible niveau général de développement avec les difficultés propres à la maladie. Il est aussi important de comparer les performances des individus atteints d'autisme avec celles d'individus normaux à différents stades de leur développement. Cela permet d'établir si les différences qualitatives et quantitatives dans les performances des sujets autistes représentent un fonctionnement qui serait normal pour un niveau de développement plus bas, ou si le profil de résultats est réellement spécifique à la maladie. Un des buts de cette thèse est donc d'examiner le développement normal de la mémoire à l'aide des mêmes tâches utilisées avec les individus atteints d'autisme, afin de pouvoir comparer les profils de performance.

6. Le développement normal de la mémoire

La mémoire se développe et se transforme au cours de la vie, tout particulièrement lors des premières années (voir Gathercole, 1998, pour une revue). Le rappel épisodique notamment devient de plus en plus efficace, principalement au cours des périodes préscolaire et élémentaire (Schneider et Pressley, 1989). Plusieurs facteurs influençant le développement de la mémoire ont été mis en évidence. Le

développement des stratégies mnésiques d'encodage et de récupération de l'information est l'un des facteurs les plus étudiés, mais la capacité de traitement de l'information, le développement des connaissances sémantiques et de la métamémoire ainsi que la motivation se sont aussi avérés des éléments importants. Dans le cadre de ce travail, l'attention sera portée principalement sur le développement des processus d'encodage et de récupération de l'information en mémoire, en lien avec le développement des fonctions exécutives et de la mémoire sémantique, afin de pouvoir établir un parallèle avec les différentes hypothèses d'un trouble de la mémoire dans l'autisme.

6.1 Le développement des processus d'encodage et de récupération de l'information en mémoire

Les processus d'encodage et de récupération de l'information sont les mécanismes qui permettent d'emmagasiner l'information en mémoire et de la récupérer par la suite. Le caractère volontaire et stratégique de ces processus n'est pas clairement défini. En fait, plusieurs auteurs n'utilisent le terme stratégies mnésiques que lorsqu'ils réfèrent aux processus contrôlés et volontaires ayant pour but d'augmenter la performance de la mémoire (Bjorklund et Douglas, 1997). Cependant, d'autres chercheurs définissent les stratégies mnésiques de façon plus souple. Par exemple, Schneider et Sodian (1997) s'interrogent sur la distinction franche entre des processus automatiques et contrôlés, et tendent plutôt à considérer les stratégies mnésiques comme un ensemble plus vaste de processus cognitifs ayant pour but une amélioration de la performance mnésique. Dans ce dernier contexte, on pourrait inclure tous les processus d'encodage et de récupération en mémoire parmi les stratégies mnésiques, même lorsque leur utilisation n'est pas volontaire et accessible à la conscience. C'est cette approche de Schneider et Sodian qui sera privilégiée dans le cadre de cette thèse et on parlera d'une façon générale de processus ou de stratégies mnésiques. On pourrait donc distinguer deux grands types de stratégies mnésiques: les stratégies d'encodage et celles de récupération.

6.1.1 Encodage

Les stratégies d'encodage sont utilisées pour emmagasiner l'information en mémoire. Les plus fréquemment étudiées dans le développement normal de la

mémoire sont la récapitulation (*rehearsal*), l'organisation et l'élaboration. Ces stratégies sont décrites dans la section expérimentale, mais il est important de rappeler qu'elles semblent connaître un développement important vers l'âge de 9 à 10 ans chez la plupart des enfants (Voir Bjorklund et Douglas, 1997; Hasselhorn, 1995). Par ailleurs, la façon dont l'information est traitée, et donc encodée, influence considérablement la façon dont elle pourra être rappelée plus tard. Le principe de la profondeur de l'encodage, stipulant qu'un encodage profond ou sémantique s'avère plus efficace qu'un encodage superficiel (Craik et Lockhart, 1972), bien qu'établi auprès de sujets adultes, devrait vraisemblablement s'appliquer tout aussi bien aux enfants. Plusieurs auteurs ont proposé que les jeunes enfants encodent l'information avec moins de caractéristiques que les enfants plus vieux (Ackerman, 1984; Ceci, 1980; Ceci et Howe, 1978), et il semble que l'activation stratégique des connaissances sémantiques lors de la mémorisation d'informations ne survienne que vers l'âge de 8 à 10 ans (Hasselhorn, 1995) Un changement dans les processus d'encodage, relié ou non au développement du réseau sémantique, pourrait donc être responsable, du moins en partie, de l'amélioration de la mémoire épisodique au cours de l'enfance.

6.1.2 Récupération

Les stratégies de récupération quant à elles sont définies comme les processus utilisés pour accéder à l'information emmagasinée en mémoire. Différents niveaux de recherche stratégique sont nécessaires selon le type de tâche effectué. En effet, un rappel libre, par exemple, repose sur une recherche active en mémoire, puisqu'il apporte peu d'indices sur les informations devant être récupérées. Un rappel indicé, par contre, en restaurant une partie du contexte d'apprentissage, demande moins de stratégies actives et laisse la place à des processus de récupération plus automatiques. En rappel indicé, Tulving et Thompson (1973) ont montré que les indices de récupération sont plus efficaces lorsqu'ils correspondent aux conditions d'encodage. Bien qu'élaboré au départ en fonction de sujets adultes, le principe de spécificité de l'encodage de Tulving et Thompson semble aussi s'appliquer chez les enfants du primaire (Ackerman, 1984, 1997), tout comme le principe de la profondeur de l'encodage décrit plus haut.

Les études portant spécifiquement sur les processus de récupération en mémoire au cours du développement sont peu nombreuses. De façon générale, il

appert que les processus de recherche en mémoire semblent non systématiques et peu efficaces chez les jeunes enfants et que ces derniers profiteraient plus des indices de récupération que les adultes (Voir Ackerman, 1988b). Brainerd et *al.* (1984), ont effectué des tâches de rappel libre et indicé et ont conclu que des élèves du primaire ont plus de difficultés à récupérer l'information en mémoire qu'à l'encoder efficacement. Ils ont aussi montré que, entre la 2^e et la 6^e année du primaire, les processus de récupération en mémoire connaissent un développement plus rapide que les processus d'encodage. Ces auteurs suggèrent que des changements majeurs dans les processus mnésiques surviennent à l'adolescence et que la récupération de l'information devient alors plus facile à effectuer efficacement.

Il existe cependant un problème méthodologique important dans la plupart des études concernant les processus de récupération. En effet, les chercheurs étudient les processus de récupération sans contrôler la façon dont l'information est d'abord encodée, ce qui risque d'aller à l'encontre du principe de la spécificité de l'encodage. Ackerman, dans une série d'expériences (1985, 1987, 1988b), a quant à lui contrôlé l'encodage à l'aide de procédures d'orientation afin d'étudier les processus de récupération. Il conclut que les différences développementales dans l'accès à l'information épisodique contribuent largement aux différences développementales dans le rappel d'informations (Ackerman, 1988b). Cependant, les expériences d'Ackerman sont effectuées avec des triplets de mots reliés et uniquement avec une procédure de rappel indicé. Il apparaît donc important de vérifier la validité de ces conclusions avec d'autres types de matériel à mémoriser et en comparant le rappel indicé à un rappel libre, dans lequel les processus de recherche en mémoire sont plus sollicités.

7. Objectifs généraux de la thèse

L'autisme infantile est un trouble envahissant du développement affectant plusieurs sphères du comportement. Une des façons d'amener une plus grande compréhension de cette maladie est de rechercher les déficits cognitifs sous-jacents aux symptômes comportementaux qui la caractérisent (Morton et Frith, 1994). Plusieurs auteurs ont suggéré que les individus atteints d'autisme présentent un fonctionnement de la mémoire différent de celui des individus sans autisme (voir Benetto, Pennington et Rogers, 1996 pour une revue).

L'objectif principal de ce travail de recherche est de mettre à l'épreuve les hypothèses actuelles suggérant un déficit de la mémoire caractéristique de l'autisme. Des épreuves de mémoire sont administrées à des individus atteints d'autisme afin d'étudier particulièrement les processus d'encodage et de récupération de l'information. Un autre objectif est de comparer les troubles de la mémoire dans l'autisme au patron de performance mnésique observé à différentes étapes du développement normal. En corollaire, ce travail permet de comprendre les modifications de la mémoire épisodique au cours du développement normal, notamment en ce qui concerne ces mêmes processus d'encodage et de récupération de l'information. Cette thèse permettra également d'évaluer la pertinence clinique de différents outils d'évaluation de la mémoire avec une population d'enfants et d'adolescents.

7.1 Objectifs spécifiques et hypothèses

7.1.1 Article 1

En premier lieu, des épreuves de mémoire sont administrées à des enfants normaux de 6 à 17 ans, afin d'établir leur profil de performances lorsqu'on modifie les conditions d'encodage et de récupération. Dans un contexte expérimental, il est possible d'induire différents types d'encodage par une procédure d'orientation. Par exemple, orienter l'attention du sujet vers les propriétés sémantiques du matériel à mémoriser favorise un encodage profond, alors qu'une orientation vers les propriétés phonologiques, syllabiques ou perceptuelles du matériel favorise un encodage plus superficiel. Une des façons d'orienter l'encodage vers les propriétés sémantiques des stimuli est de donner la catégorie sémantique du mot à mémoriser au moment de l'encodage. Pour orienter l'encodage vers les propriétés plus superficielles des mots à mémoriser, on peut par exemple donner la première ou la dernière syllabe du mot. Les résultats des sujets normaux adultes montrent qu'en comparaison avec une condition sans orientation, une orientation syllabique lors de l'encodage ne modifie pas le rappel libre ou le diminue légèrement, alors qu'une orientation sémantique améliore significativement le rappel.

Trois conditions sont utilisées: un niveau de base, une condition où l'encodage est orienté vers les propriétés syllabiques des mots et une condition où l'encodage est orienté vers les propriétés sémantiques des mots. Dans les conditions syllabique et

sémantique, le rappel libre des mots est suivi d'un rappel indicé. Selon le principe de la profondeur de l'encodage (Craik et Lockhart, 1972), un encodage sémantique (ou profond) permet de créer une trace mnésique plus forte et entraîne un meilleur rappel qu'un encodage syllabique (ou superficiel). Afin de respecter le principe de la spécificité de l'encodage (Tulving et Thompson, 1973), les indices de récupération donnés aux sujets sont les mêmes que ceux utilisés lors de la phase d'encodage. Des groupes d'enfants normaux âgés entre 6 et 17 ans sont évalués. Nous prédisons que le nombre de mots mémorisés lors des rappels libres devrait augmenter avec l'âge. De plus, les plus jeunes enfants, en raison de stratégies spontanées d'encodage et de récupération moins efficaces, devraient bénéficier davantage de l'orientation et des indices de récupération que les enfants plus âgés. Finalement, la condition sémantique devrait globalement entraîner de meilleurs résultats que la condition syllabique pour tous les enfants.

7.1.2 Article 2

Dans le cadre de la deuxième étude, l'épreuve de mémoire précédemment décrite est administrée à des enfants et à des adultes atteints d'autisme ainsi qu'à des sujets contrôles appariés afin de distinguer entre plusieurs modèles des anomalies de mémoire chez les personnes autistes. Selon l'hypothèse d'un déficit des fonctions exécutives chez les individus atteints d'autisme, le rappel libre des sujets expérimentaux devrait être plus faible que celui des sujets contrôles. Les rappels totaux (libre + indicé), dans les conditions syllabique et sémantique, devraient quant à eux être équivalents à ceux des sujets contrôles. Si le trouble se situe particulièrement au niveau de l'encodage, l'orientation devrait aider davantage les sujets expérimentaux que les contrôles. Cependant, si ce sont plutôt les stratégies de récupération des sujets expérimentaux qui sont déficientes, ce sont les indices de récupération qui devraient les aider davantage que les sujets contrôles.

L'hypothèse d'un trouble de la mémoire de type amnésique prédit aussi des rappels libres plus faibles chez les personnes avec autisme que chez les contrôles, mais ici l'indication ne devrait pas améliorer le rappel des participants atteints d'autisme autant que celui des sujets contrôles. Les rappels totaux des sujets expérimentaux devraient donc demeurer en-deçà de ceux des sujets contrôles. Finalement, un trouble de la mémoire sémantique entraînerait un profil de performance différent. Dans ce cas,

l'orientation et l'indiciage sémantiques ne devraient pas améliorer le rappel davantage que l'orientation et l'indiciage syllabiques pour les sujets expérimentaux, contrairement aux sujets contrôles. Le rappel total (libre + indicé) des sujets expérimentaux en condition sémantique devrait donc être plus faible que celui des contrôles.

7.1.3 Article 3

La dernière étude s'intéresse au fonctionnement mnésique d'un individu atteint d'autisme et présentant une mémoire exceptionnelle des noms propres. Le but de cette étude de cas est d'explorer de façon plus approfondie les particularités mnésiques propres à une personne avec autisme et hypermnésie. L'hypothèse générale sous-tendant ce travail expose un parallèle pouvant être fait entre le dysfonctionnement cognitif de sujets autistes sans capacités spéciales et celui d'une personne avec autisme dotée d'une capacité spéciale dans le domaine de la mémoire. L'étude du type de processus d'encodage et de récupération utilisés par N. M. devrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement de sa mémoire et de faire le lien avec les différentes hypothèses précédemment discutées d'un trouble cognitif dans l'autisme.

Chapitre II: Partie expérimentale

Article 1

Morasse, K. Belleville, S., Mottron, L., Dagenais, C., Chatelois, J. The role of semantic and syllabic processing in word-list learning in typically developing children

Article 2

Morasse, K., Mottron, L., Belleville, S. (accepté pour publication 2000). A Study of Memory Functioning In Individuals with Autism. Journal of Child Psychology and Psychiatry

Article 3

Mottron, L., Belleville, S., Stip, E., Morasse, K. (1998). Atypical Memory Performance in an Autistic Savant. Memory, 6 (6), 593-607

The role of semantic and syllabic processing in Word-list learning in typically developing children

Karine Morasse^{1,2}, Sylvie Belleville^{1,2}, Laurent Mottron³,
Catherine Dagenais⁴, Jean Chatelais²

¹Groupe de Recherche en Neuropsychologie Expérimentale, Université de Montréal

²Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal

³Département de Psychiatrie, Université de Montréal et Hôpital Rivière-des-Prairies

⁴Département de psychologie, Université du Québec à Montréal

Send correspondence to: Karine Morasse a/s Sylvie Belleville
Département de psychologie
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. Centre-ville
Montréal (Québec)
H3C 1J7
Email: morassek@magellan.umontreal.ca

Abstract

The goal of this study was to examine the role of encoding and retrieval processes in the development of episodic memory. In two experiments, memory tasks were administered to groups of children and adolescents. The task consisted of free and cued recall of semantically unrelated words in three encoding conditions: no orientation, syllabic orientation and semantic orientation. Fifteen-word lists were used in Experiment 1. Shorter lists of words were employed in Experiment 2, and the items were adapted to children's vocabulary knowledge. The results indicated that episodic recall increased in efficiency with age. In addition, children as young as 7 years of age made use of semantic cues at encoding and retrieval. However, first- and second-graders were more impaired than older children when encoding was directed toward the syllabic properties of the items. Finally, the data suggest that there is a developmental shift in syllabic encoding and the use of retrieval processes between the 2nd and 4th grade.

Introduction

Episodic recall improves as children develop and this progress is particularly evident during the preschool and primary school years (Schneider & Pressley, 1989; Gathercole, 1998). A number of factors are thought to underlie the progression in memory performance. Memory strategy development is one factor that has received a considerable amount of attention in the last twenty years (see Harnishfeger, & Bjorklund, 1990, Bjorklund & Douglas, 1997 for reviews). The capacity to process information at the appropriate level and utilize efficient retrieval processes are major components of memory that may influence its development and are directly related to strategy use. The goal of this study is to assess the contribution of these factors to memory development.

The development of strategies is often considered one of the most important factors that accounts for memory development. Memory strategies are defined as “mentally effortful, goal-directed processes that are adopted to enhance memory performance” (Bjorklund & Douglas, 1997, p. 201). Strategies are characterized as controllable, implemented deliberately by the individual and potentially available to consciousness. However, many authors (Ackerman 1984; Schneider and Sodian, 1997) question the strict distinction between automatic and controlled processing regarding memory strategies and prefer to define them as a larger “fuzzy set” of cognitive activities, the goal of which is to enhance memory performance. Strategies can be divided into those that are used during the acquisition of information (encoding strategies) and those that are used at retrieval of information from long-term memory (retrieval strategies).

Encoding and development.

Encoding strategies are used at input to enhance the learning of new information. Rehearsal, organization and elaboration are among the most commonly mentioned encoding strategies. *Rehearsal* is the repetition of the to-be-memorized information and is usually observed in learning lists of words or pictures (Flavell, Beach & Chinsky, 1966; Guttentag, Ornstein & Seimens, 1987). Young children use rehearsal at a very early age, even though a shift in the type of rehearsal occurs at around 9-10 years of age (see Bjorklund and Douglas, 1997, for a review). *Organization* is the most widely studied encoding strategy. It involves the combination of elements into categories

(clustering) and is generally measured in sort-recall and in the recall of lists of semantically related words or pictures (Corsale & Ornstein, 1980; Salatas & Flavell, 1976; Sodian, Schneider & Perlmutter, 1986). The use of organization in recall does not occur prior to 9-10 years of age. *Elaboration* implies the association of items through a representation that connects them. This is typically tested with memory tasks for pairs of items or for stories (see Bjorklund and Douglas, 1997, for a review). Elaboration shares similarities with organization strategies in that it implies an encoding of the semantic relations between the to-be-remembered items. However, research indicates that children do not spontaneously generate elaboration until adolescence, although school-age children can be trained to do so (Pressley et Levin, 1977; Siaw et Kee, 1987).

The manner in which information is encoded or processed also affects to a large extent how, or whether, that information will be remembered later. According to the levels of processing principle (Craik & Lockhart, 1972), the strength of the memory trace largely depends on the type of processing that the information receives during encoding. A superficial encoding that focuses on orthographical or phonological properties of words leads to a poorer recall than a deeper encoding that implies the creation of an abstract semantic representation. The levels of processing principle was found to account for both the memory performances of adult and aged populations. It remains unclear to what extent this principle also characterizes children's memory, if there is a particular age at which it emerges, and if and when switches between dominant encoding processes occur.

The findings from the literature are elusive in this regard. For instance, Ackerman (1984a), in a series of experiments with triplets of related words, concluded that children perform less distinctive processing of item specific information on their own than adults, and that they are also deficient in the encoding of relational information (see also Ceci, 1980; Ceci & Howe, 1978). This suggests that they would perform less deep processing than adult participants. In turn, Hasselhorn (1995) suggests that emergence of strategic activation of semantic knowledge in memory tasks arises between age 8 and 10, but that even before that age semantic memory is automatically activated by spreading activation. Thus, it is possible that the level of processing applies to children younger than 8 years of age. This study will measure directly the levels of processing in participants between the ages of 6 and 18 years.

This will allow for a fine grained evaluation of the developmental time course of this principle.

Retrieval and development

Retrieval strategies are deliberate processes used to access information from long-term memory. Different levels of strategic search in episodic memory can be elicited by comparing performance under different types of experimental procedures. For example, free recall requires a full search in memory to access stored information whereas cued recall, by providing a fragment of the original experience, orients and limits the search by providing routes to stored information. Tulving and Thompson (1973) found that the most useful recall cues to adult learners are those corresponding to the encoding conditions. This also seems to be the case for children (Ackerman, 1984a, Ceci & Howe, 1978). The encoding specificity principle probably relates to the fact that recall cues must provide a portion of the context of acquisition to be useful in the search for the original experience. Although there is very little information about retrieval processes in childhood, Ackerman (1988b, 1996) found that children have more difficulties than adults in retrieving information from memory even when their encoding is guided externally, thus suggesting the presence of a retrieval deficit. However, the development of retrieval processes deserves further investigation. Indeed, in Ackerman's study, strategic retrieval was examined indirectly by examining modification in recall order over many trials when sets of related words were learned. It is important to assess retrieval strategies with other procedures and to examine whether Ackerman's conclusions also apply when other types of to-be-memorized material are used.

In sum, it is well known that episodic learning of word lists improves as children age. However, there are several questions that remain unanswered regarding the qualitative modifications that occur in the use and effectiveness of memory strategies across development. The findings from memory strategy studies appear to converge in showing a developmental shift in encoding and retrieval strategy use, eventually followed by enhanced recall of the memorized information. This shift occurs between 8 and 10 years of age, in approximately the 3rd or 4th grade of school. Modifications in the use of efficient encoding and retrieval strategies may account for some of the episodic memory development in childhood. We also know that the semantic processing of information changes across childhood, and this may impact on how information is

encoded. Thus, younger children may be less likely to use efficient semantic encoding. However, the relationship between memory for lists of words and the development of knowledge (perhaps with encoding processes acting as a mediator) is unclear. It seems reasonable though to think that these factors play an important role in the improvement of episodic recall over the preschool and school years. Finally, very few studies have investigated the role of retrieval processes and the contribution of encoding to retrieval efficacy.

The goal of these experiments was to study encoding and retrieval processes at different stages of development. Care was taken that the task was made congruent with the encoding specificity principle (Tulving & Thompson, 1973), as the retrieval cues were compatible with the manner in which material was encoded during the learning phase. Furthermore, the task was constructed to assess how the Levels of Processing principle is applicable along development (Craik & Lockhart, 1972), as syllabic orientation was compared to semantic orientation cues.

Different types of encoding processes were experimentally induced by asking the participants orienting questions at the time of encoding. To induce deeper processing, participants were asked to find one word among a series that belonged to a particular semantic category. Alternatively, to induce superficial processing, they were asked to find one that had particular syllabic characteristics. In adults, semantic (or deep) orientation generally leads to better free recall than no orientation at all, and syllabic (or shallow) orientation has no effect or a detrimental effect (depending on the experimental conditions) on free recall compared to no orientation (Belleville, Tainturier, & Peretz (in preparation); Belleville, Tainturier, Peretz & Fontaine, 1998; Craik & Lockhart, 1972, Ackerman, 1988a). The effect of cues at encoding was evaluated by including a condition in which no orientation was provided and a situation in which subjects were oriented toward particular properties of the items. The level of processing induced at encoding was assessed by comparing orientation toward syllabic vs. semantic properties of words. Then, the effect of the extent of support to retrieval was evaluated by including free and cued recall conditions. This was done with lists of unrelated words to minimize the impact of other strategies such as organization.

Participants in Experiment 1 were children at both ends of regular education (first grade and 11th grade), and one group in the 4th grade. This last group was chosen because there appears to be a critical period in memory development around

age 9 as mentioned above. Three age groups were thus included: 6-7 year-old children, 9-10 year-old children and 17-year-old adolescents. Experiment 2 made use of a slightly modified procedure that was better adapted to younger children, restricted the age range to only those where qualitative shifts were most likely to occur (6 to 12 years) but divided children in six age-groups in order to pinpoint the moment at which qualitative shifts occurs in strategy development. We hypothesized that very young children would not spontaneously encode information at the semantic level that would yield efficient performance. They may, however, be able to improve their recall when semantic orientation strategies are provided at encoding. Thus, they would benefit more than older children from the semantic orientation procedures. On the basis of our knowledge of the development of other strategies, we hypothesized that younger children would show less strategic retrieval than older children, but that giving them retrieval cues would improve their recall. Thus, they would benefit more from the retrieval cues than older children. Finally, given that the levels of processing principle is robust across adult development, we hypothesized that the semantic retrieval cues provided to children would yield more efficient recall than syllabic retrieval cues, as is the case with adults.

Experiment 1

Method

Participants

The participants included in this study were normally developing children and adolescents, all of whom were recruited in their classroom or by public notice. Participants were divided into three age groups. The first group was composed of 14 children (7 boys, 7 girls) 6 and 7 years of age ($M = 7,2$ yrs), finishing their first grade. The second group included 14 fourth graders (6 boys, 8 girls), age 9 and 10 years ($M = 10,05$ yrs). The third group was composed of 12 adolescents (4 boys, 8 girls), 17 years of age and having achieved their fifth and last year of secondary school (11th grade). All participants attended regular classes. A short medical questionnaire indicated that none suffered from neurological or psychiatric conditions. The experiment was formally approved by a local ethics committee. Each participant (or their parent for the two younger groups) gave informed consent to participate. All participants were francophone.

Materials

The memory task was taken from the Côte-des-Neiges Computerized Memory battery (Batterie d'évaluation de la mémoire, Côte-des-neiges; Chatelois et al, 1992; Belleville et al. 1992). This task was composed of three lists of 15 concrete French nouns. There was one list for each condition: no cues, semantic cues and syllabic cues. The words from each list belonged to 15 different semantic categories. The same 15 categories were used for the three lists, such that each category was represented by three words in the entire task. The three lists were equivalent with respect to frequency of use (Baudot, 1992) and typicality values of the words (Giroux, 1982). To avoid guessing, none of the words was the most typical of its category (Giroux, 1982). Additional controls were used in the syllabic list: a) words were polysyllabic, b) each word started with a different syllable and c) the first syllable was orthographically and phonologically unambiguous. For example, words starting with the sound (f) (such as "pharmacien"; in english *pharmacist*) were avoided because they have more than one graphemic correspondence (here, f or ph). The learning difficulty level was equivalent for the three lists, as assessed in a pretest by administering each list to three groups of young participants and comparing their free recall (Belleville, Tainturier, Peretz & Fontaine, 1988).

Procedure

The task was run on a Macintosh computer with a high resolution screen. In each condition, participants sat in front of the computer and were required to memorize the words that appeared on screen. The 15 words from each list were arranged in a 5 x 3 matrix and written in block letters.

There were three conditions of encoding: no orientation, syllabic orientation and semantic orientation. In the no orientation condition, the examiner read aloud a word from the list and the participant was asked to find the word in the matrix (e.g., 'show me *the word BROCCOLI*'). Individuals were instructed to point to the word, read it aloud and commit it to memory. The same procedure was used for each word. The spatial arrangement of the items in the matrix changed after each word presentation to prevent the use of spatial information for recall. Thus, there were 15 different presentations of the matrix. The procedure was the same for the other two conditions except for the encoding instructions. In the semantic condition, participants were asked

to search for the words according to their taxonomic category (e.g. 'show me *the name of a vegetable*'). In the syllabic condition, they were asked to search the words according to their first syllable (e.g., 'show me *the word starting with NA*').

In all three conditions, participants were asked to count backward for 45 seconds following presentation of the list to reduce the contribution of a recency effect. Free recall was tested immediately after counting backwards. Participants were asked to recall orally, in any order, all of the words that they could remember from the list. In the semantic and syllabic conditions, free recall was followed by cued recall for the omitted words. Cues used at recall were the same as those used at encoding (semantic category or first syllable). The cues were presented visually on the computer and read aloud by the examiner (e.g. 'You forgot some words: one of them was the name of a vegetable, can you remember what it was?').

Design

Participants were tested individually in three different sessions. Each participant received all cue conditions, one per session. To prevent interference from one list to another, at least five days elapsed between sessions. The no cue condition served as the baseline level and was always administered in the first session. This ensured that the encoding and/or retrieval strategies prompted by the syllabic and semantic conditions would not influence the baseline. The semantic and syllabic conditions were administered in the subsequent sessions in a counterbalanced order.

Results

The results were analyzed separately for three dependent variables: free recall, cued recall and total recall. Free recall corresponded to the number of words correctly reported in the free recall part of each condition (baseline, syllabic, semantic). Cued recall corresponded to the benefit from the syllabic vs. semantic recall cues expressed as a function of free recall performance level. Indeed, cued recall is not independent of free recall, as only the words not remembered in free recall are presented in cued recall. Thus, groups of children with very low free recall have a greater chance of providing a large number of words in cued recall. As a result, using the raw number of words correctly recalled after cueing is not a correct measure of cued recall, as free recall is likely to vary notably with age. Therefore, the score used here took free recall into account. This score was computed for each participant using the formula :

(Number of words correctly recalled after cues / Number of words cued) X 100. The last dependent variable was the total number of words recalled (free or free + cued recall).

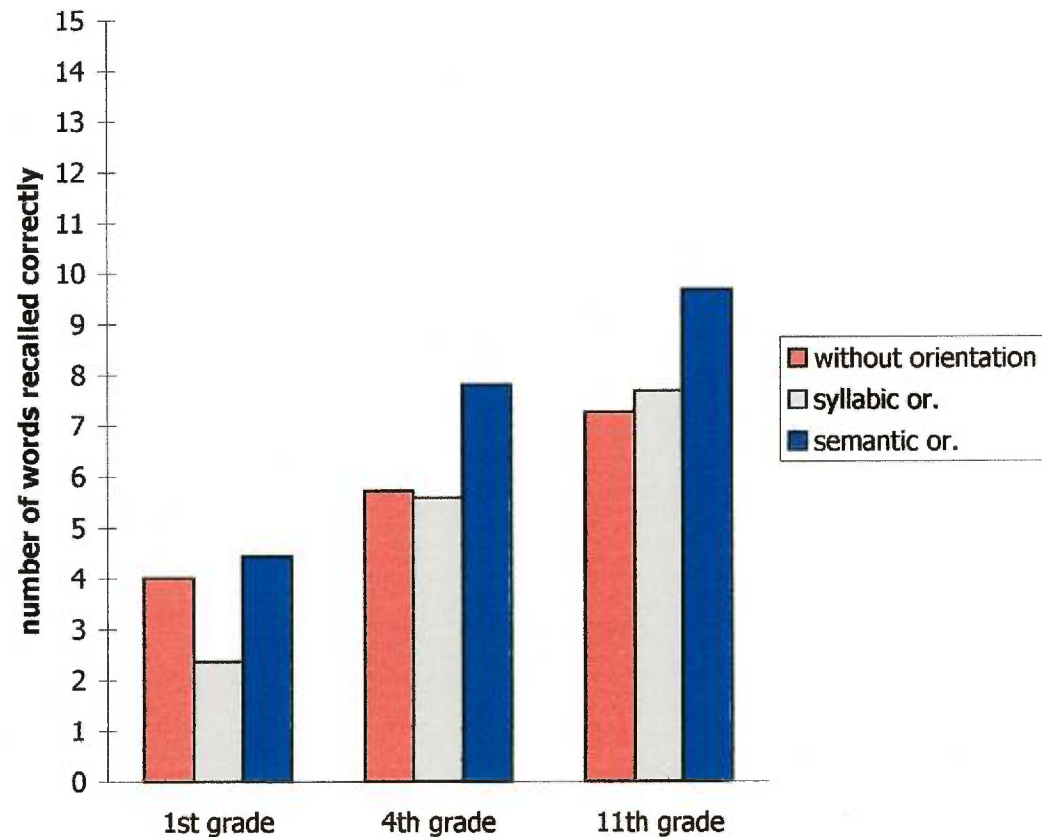
Free recall

A preliminary analysis was performed to assess the effect of the order of presentation of the semantic and syllabic conditions. This was done with two between-subject (Order: semantic first, syllabic first; Group: 1st grade, 4th grade, 11th grade) and one within-subject factor (Orientation: none, semantic, syllabic) ANOVAs. The analysis revealed that there was no effect of Order of presentation ($F < 1$). There was also no significant interaction that implicated Order of presentation and Group (Group by order: $F(2, 34) = 1.13$, *ns*; Group by Order by Orientation: $F(4, 68) = 1.22$, *ns*). Both orders of presentation were thus pooled in subsequent analyses of free recall.

The results for free recall are depicted in Figure 1. The ANOVA indicated a main Group effect ($F(2, 37) = 58.41$, $p < .0001$) and a main Orientation effect ($F(2, 74) = 26.39$, $p < .0001$). However, these effects were modulated by a significant interaction between Group and Orientation ($F(4, 74) = 2.77$, $p < .05$). An inspection of Figure 1 suggests that the interaction is due to different Orientation effects in the 1st grade children relative to the other two groups.

To confirm this interpretation of the interaction, separate one-way ANOVAs were performed to assess the Orientation effect in each group followed by post-hoc Newman-Keuls comparisons. The findings revealed an Orientation effect in each group (1st-grade: $F(2, 30) = 11.82$, $p < .001$; 4th-grade: $F(2, 30) = 15.72$, $p < .0001$; 11th-grade: $F(2, 22) = 7.97$, $p < .01$). Post hoc comparisons indicated in both the 4th and 11th graders equivalent recall for syllabic and baseline, but a greater recall for semantic orientation than those two conditions. In first graders, syllabic free recall was lower than the other conditions whereas semantic free recall did not differ from baseline. Separate one-way ANOVAs performed on each orientation condition (baseline, syllabic, semantic) indicated a Group effect in all cases (baseline: $F(2, 41) = 24.9$, $p < .0001$; syllabic: $F(2, 41) = 36.6$, $p < .0001$; semantic: $F(2, 41) = 33.81$, $p < .0001$). Post-hoc comparisons indicated that all groups differed from one from another.

Figure 1- Free recall



Cued recall (percent benefit from recall cues)

A preliminary ANOVA was conducted with two between-subject factors (Order: syllabic first, semantic first; Group: 1st grade, 4th grade, 11th grade) and one within-subject factor (Recall cues: semantic, syllabic). This preliminary analysis revealed a significant three-way interaction between Order, Group and Recall cues ($F(2, 34) = 4.71, p < .05$).

To determine the source of this higher-order interaction, separate analyses were computed for each age group with Order as a between-subject factor and Recall cues as a within-subject factor. Results for these three analyses are shown in Figures 2a), b) and c). The analyses indicated that in 1st graders, the Recall cue effect varied according to the Order of presentation (Group by Recall cues interaction: $F(1, 12) = 26.30, p < .01$). In first graders, simple effects and an inspection of Figure 2a)

indicated that both conditions (syllabic and semantic) yielded better cued recall when this condition was presented last. The order effect was larger for semantic cued recall. As a result, subjects who performed the semantic condition after the syllabic condition showed a semantic advantage (i.e., better recall under semantic than syllabic cues) whereas the effect was smaller and only marginally significant for subjects who performed the semantic condition prior to the syllabic condition ($F(1, 12) = 3.88, p = .07$). In contrast, the Order by Recall cues interaction was not significant in the other two groups ($F < 1$ in 4th graders and $F(1, 10) = 1.18, ns$ in 11th graders). In both 4th and 11th graders, a main Recall cue effect was found (respectively $F(1, 12) = 19.87, p < .001$ and $F(1, 10) = 11.92, p < .01$). Post hoc analyses with Newman-Keuls tests indicated that this was due to the fact that both groups performed better under semantic than syllabic cues.

Figure 2a) Percentage of benefit from the recall cues for first-graders

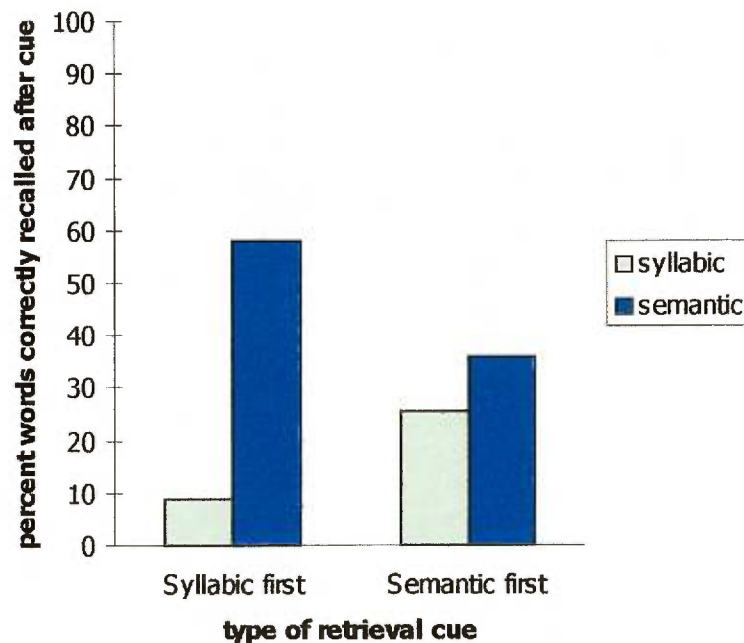


Figure 2b) Percent benefit from the recall cues for fourth-graders

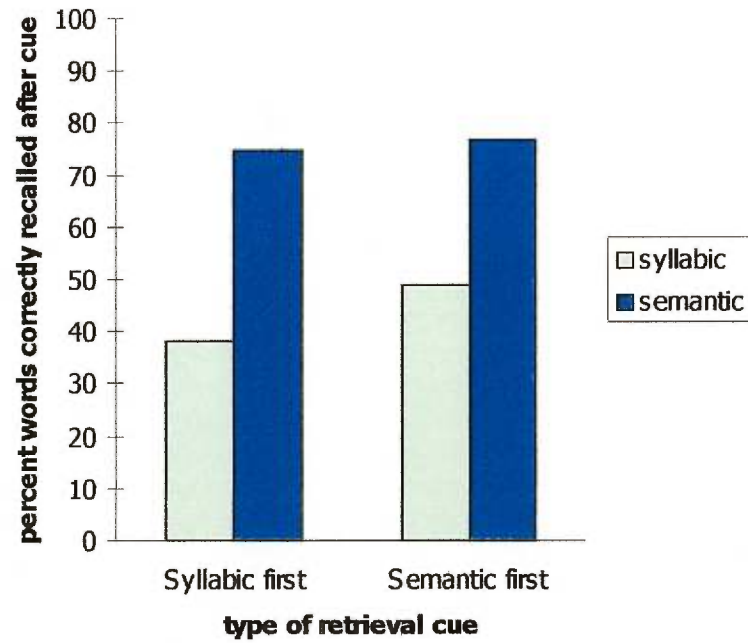
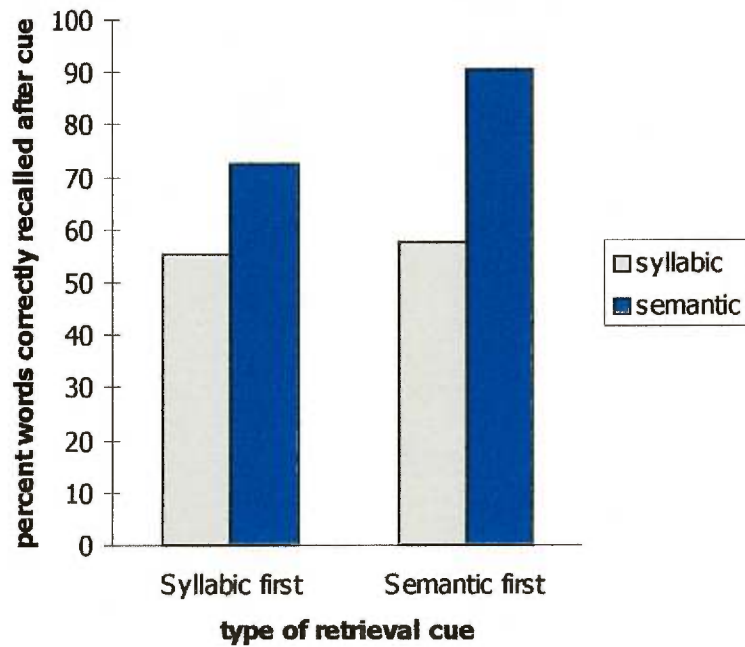


Figure 2c) Percent benefit from the recall cues for eleventh-graders



When separate analyses were computed for each Order (Order 1: baseline, semantic, syllabic; Order 2: baseline, syllabic, semantic) with Group and Recall cues as factors, both analyses showed a main effect of Group (respectively $F(2, 17) = 14.48, p < .001$ and $F(2, 17) = 11.29, p < .001$), a main effect of Recall cues (respectively $F(1, 17) = 26.26, p < .0001$ and $F(1, 17) = 39.06, p < .0001$) and no interaction between Group and Recall cues (respectively $F(2, 17) = 2.15$ ns and $F(2, 17) = 2.8$, ns). Post hoc analyses using the Newman-Keuls test showed a lower cued recall in 1st graders than in 4th and 11th graders. Fourth-graders and eleventh-graders did not differ one from another.

Total recall

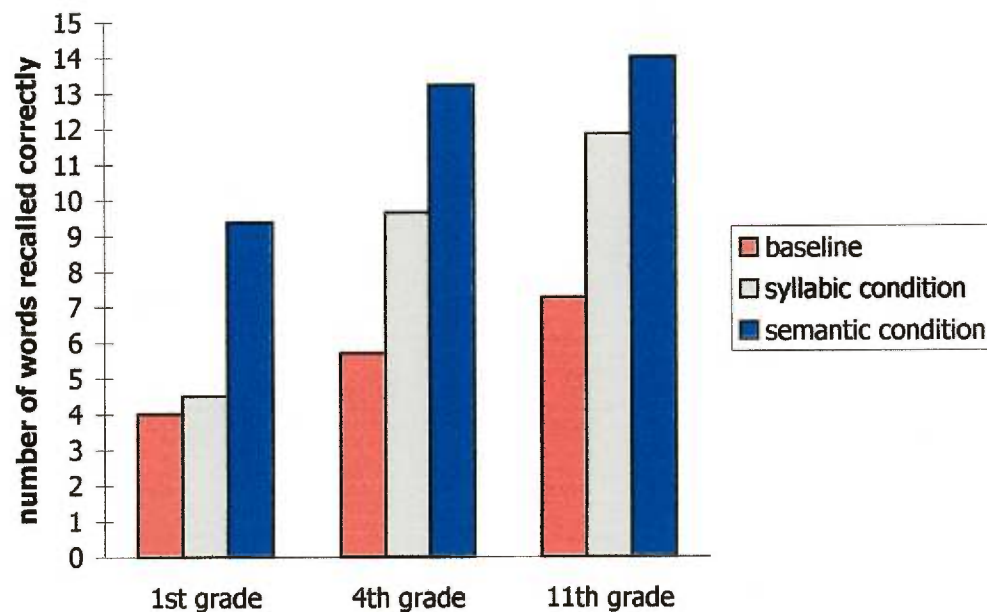
Total recall was defined as the total number of words correctly recalled in free recall added to the number of words recalled in cued recall (in the syllabic and semantic conditions). The results for total recall are shown in Figure 3. Preliminary analyses indicated no effect of the Order of presentation of the conditions ($F < 1$), nor any interaction that implicated Order and Group (Group by Order: $F < 1$; Group by Order by Recall cues: $F(4,68) = 1.92$, ns). The data for both Orders of presentation were thus pooled.

Analysis showed a main Group effect on Total recall ($F(2,37) = 57.91, p < .0001$). There was also a main Condition effect ($F(2,74) = 191.71, p < .0001$). However, these effects were modulated by a significant interaction between Group and Condition ($F(4,74) = 7.85, p < .0001$). An inspection of Figure 3 suggests that the interaction was due to different effects of condition for the 1st graders on one hand and for 4th and 11th graders on the other hand.

To confirm this interpretation, separate one-way ANOVA were performed to assess the Condition effect in each group, followed by post-hoc Newman-Keuls comparisons. The findings revealed a Condition effect in each group ($F(2,26) = 39.44, p < .0001$; $F(2,26) = 92.66, p < .0001$; $F(2,22) = 110.89, p < .0001$; in the 1st, 4th and 11th grade respectively). Post hoc comparisons showed in both 4th and 11th graders a better total recall in the syllabic condition than in the baseline, and better total recall in the semantic condition than in the other conditions. In 1st graders, semantic total recall but not syllabic total recall, was better than baseline. Separate one-way ANOVAs performed on each Condition (syllabic, semantic) indicated a Group effect in both cases (syllabic: $F(2,37) = 43.87, p < .0001$; semantic: $F(2,37) = 25.26,$

$p < .0001$). Post-hoc comparisons showed that all groups differed in syllabic total recall. In semantic total recall, 1st graders reported fewer words than 4th and 11th graders, who did not differ from one another.

Figure 3 – Total number of words recalled after free + cued recall



Discussion

Word-list recall was used to assess memory processes in three age groups of school-aged children. In particular, the purpose of this study was to examine both the effects of syllabic and semantic encoding processing and the presence vs. absence of retrieval cues. The results indicated that free recall, cued recall and total recall were significantly lower for 1st graders than for both 4th and 11th graders. The performance of fourth graders was generally poorer than that of eleventh graders. Thus, there appears to be a quantitative gradient in terms of episodic recall among the three age groups of this experiment, confirming that episodic memory becomes gradually more efficient between the first year of school and adulthood.

Four main findings suggest that in addition to quantitative differences in recall level, qualitative changes are also characteristic of the developmental changes in memory, particularly between first graders and the two older groups. First, free recall performance indicated that first graders did not benefit from the semantic orientation at

encoding, whereas fourth and eleventh graders did. Second, syllabic orientation at encoding hindered the free recall of first graders but had no effect on the free recall of fourth and eleventh graders. Third, first graders did not benefit from the recall cues in the same manner as fourth and eleventh graders. Although both of the older groups benefited more from semantic than syllabic recall cues, the advantage of the semantic over the syllabic recall cues was absent in the youngest group when the semantic condition was presented first. Finally, total recall was better in the semantic than the syllabic condition, which was better than baseline in fourth and eleventh graders. However, the total recall of the first graders did not surpass baseline in the syllabic condition.

Thus, whereas quantitative changes characterize most of the modifications that occur between the 4th and 11th grade, qualitative modifications in performance were found between the 1st and 4th grade. This suggests that there may be major changes in the nature of the memory processes between the 1st and 4th grade, along with a gradual increase of memory capacity between the first and eleventh grades. In the following, we will examine how our paradigm highlights the nature of the qualitative changes occurring in the younger participants.

Contrary to our original hypothesis, first graders benefit less than older children from semantic encoding cues. Furthermore, they do not appear to benefit more from semantic than syllabic cues at retrieval. Thus, it appears that these participants have difficulty using semantic information to improve encoding and retrieval.

However, these effects can be explained by methodological problems. First, our results indicate that first graders were sensitive to the order in which conditions were presented in cued recall: they benefited less from the cues in the condition that was presented in the second compared to the third session. The order effect was particularly detrimental to the semantic condition, resulting in children who received the semantic condition before the syllabic one failing to show the semantic orientation advantage effect contrary to children ending with the semantic condition. This suggests that younger children needed familiarization with the task to benefit from semantic cues. One possible reason for this is that the task was too hard for them. The cause of the difficulties could either be the relatively large number of words to remember, or the degree of difficulty of the words themselves. The lack of a semantic advantage in free recall could also be explained by the same phenomenon. This interpretation is

supported by the observation that the general performance level of younger children was quite low relative to that of their older counterparts. Thus younger children may have been overwhelmed by the number of words, resulting in an inability to activate necessary resources to use the information provided by the examiner. In addition, many first grade children reported not knowing some of the words in the lists. Thus, their lower level of vocabulary may have made memorization more difficult.

As expected, syllabic processing at encoding was not a very helpful level at which to encode information for all participants. It did not increase free recall performance and yielded relatively limited improvement in cued recall over baseline in older participants. However, this condition was particularly detrimental to first graders and, to a lesser extent, fourth graders. One possibility is that because syllabic orientation is relatively inefficient in improving memory, older children perform other more efficient encoding processes while performing the syllabic orientation task at encoding. Younger children would not be able to initiate or perform this properly while at the same time searching for words with the syllabic cues. This would explain the fact that the syllabic orientation condition was equivalent to baseline in free recall of older children. In contrast, younger children may have failed to use concurrent and efficient encoding processes when oriented to a less efficient (superficial) strategy. It could also be related to the fact that the task was comparatively more difficult for them due to the number of words studied or vocabulary limitations.

This experiment provided a number of puzzling results, some of which may have arisen due to the particular materials or conditions used here. To assess the potential effect of difficulty level on the qualitative changes occurring in younger children, a second experiment was undertaken. In this experiment, the word-lists were modified in order to make them more suitable for young children. This allowed us to determine whether the particular performance of the youngest group of participants was due to the number and complexity of the words in the list. The test was administered to children in each level of primary school (1st to 6th grades). These particular age groups were chosen to examine more closely the qualitative changes taking place around the 4th grade. We did not include secondary school children in this experiment for two reasons. First, adapting the task to younger children was likely to create ceiling effects in older persons, which would make the data more difficult to interpret. Second, this study focuses on qualitative changes. As most qualitative changes occurred around the fourth grade (and quantitative changes were more characteristic of the

modifications found in older groups), focusing our efforts on younger children was judged as a potentially more fruitful approach.

Experiment 2

Method

Participants

The participants in this study were typically functioning children recruited among first-graders from the mainstream educational system in their classroom. Sixty individuals from grade 1 to grade 6 (10 children of each grade) took part in the experiment. Table 1 shows the mean age and sex ratio for each group. None of the participants presented learning disabilities or reported any psychiatric or neurological conditions on a short questionnaire. The experiment was formally approved by a local ethics committee, and the parents of the children gave informed consent for their child to participate. All of the participants were francophone.

Table 1-Characteristics of the participants

Group	Mean age	Sex ratio
1 st grade	6,3	4 boys, 6 girls
2 nd grade	7,4	5 boys, 5 girls
3 rd grade	8,3	4 boys, 6 girls
4 th grade	9,9	7 boys, 3 girls
5 th grade	10,4	4 boys, 6 girls
6 th grade	11,3	5 boys, 5 girls

Materials, design and procedure

The task, material, design and procedure were the same as that of Experiment 1 except for the following modifications in the material. Lists of twelve words were used instead of fifteen, and words were chosen on the basis of their familiarity to French Canadian children in the first to sixth grade. Familiarity was assessed in a pretest completed with 30 children, five from each of the 1st to 6th primary-school grades,

attending regular classes in a primary school (Dagenais et al., 1996). The children were tested individually. They were asked to report as many members as they could from each of 20 semantic categories. The words were recorded by the examiner until ten items were named or until the child could not report anymore items. The twelve categories for which the largest number of items were produced were then chosen for the memory task. The frequency of occurrence of each word produced was determined by computing the number and order of its occurrence. Three words of average frequency were then selected from each of the 12 categories to compose the lists. The same controls as in the original version were applied for the words composing the syllabic list.

Results

Table 2 – effect of the order of presentation of the conditions

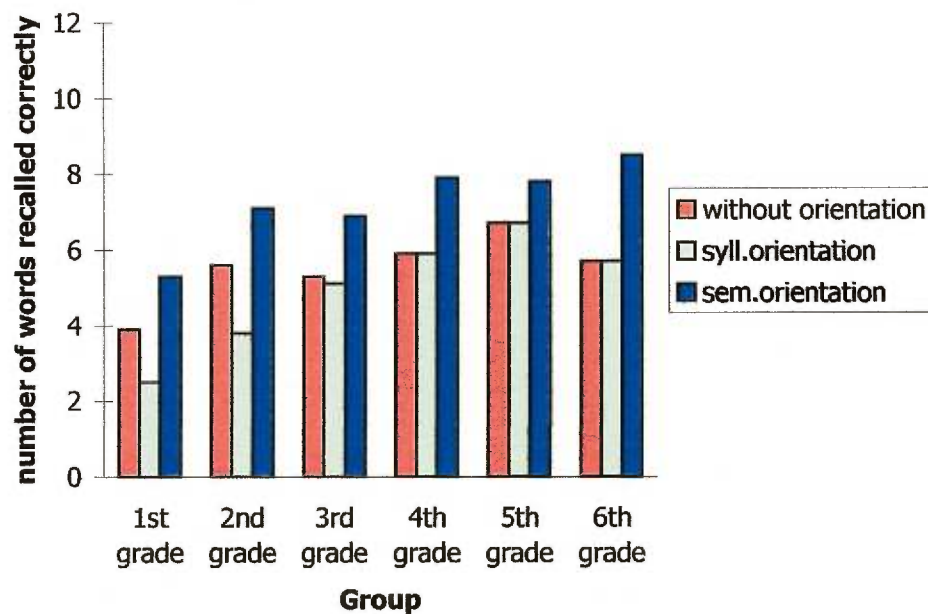
Variable	df	F	p
Free recall			
Order	1, 48	.1068	.7453
Group x Order	5, 48	.5551	.7337
Orientation x Order	2, 96	2.3071	.1050
Gr. x Orient. x Order	10, 96	.7685	.6585
Cued recall			
Order	1, 48	1.0584	.3087
Group x Order	5, 48	1.3085	.2762
Cues x Order	1, 48	1.5805	.2148
Gr. x Cues. x Order	5, 48	.6173	.6872
Total recall			
Order	1, 48	.6291	.4316
Group x Order	5, 48	.5406	.7445
Cues x Order	2, 96	.0330	.9675
Gr. x Cues. x Order	10, 96	.6445	.7722

The results were computed for free recall, cued recall and total recall in the same manner as the first experiment. For each dependent variable, preliminary analyses were computed first to assess the effect of the order of presentation of the conditions. As there was neither an effect of the order of presentation, nor an interaction with any other variable (see Table 2) both orders of presentation were pooled.

Free recall

The results for free recall are shown in Figure 4. The analysis revealed a main Group effect (1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th grades) ($F(5, 54) = 13.17, p < .0001$) and a main Orientation effect (baseline, syllabic orientation, semantic orientation) ($F(2, 108) = 54.94, p < .0001$). These were qualified by a significant interaction between Group and Orientation ($F(10, 108) = 2.14, p < .05$).

Figure 4 – Number of words correct in free recall



Separate one-way ANOVAs showed an Orientation effect in each group (see table 3). However, the pattern of the Orientation effect differed across the groups. Post-hoc analyses using Newman-Keuls indicated that first and second graders had lower free recall in the syllabic encoding than in baseline and semantic conditions, and greater recall in the semantic encoding than in the other conditions. In the third to sixth graders, baseline and syllabic free recall were equivalent but below semantic free recall. Thus, relative to baseline, syllabic encoding hindered the free recall of the two youngest groups and had no effect on the recall of the oldest groups. In contrast, semantic encoding yielded better free recall than both the baseline and syllabic encoding in all age groups. Visual inspection of Figure 4 suggests that, compared to

baseline, semantic orientation did not help the younger children more than the older children.

Table 3 - Effects of the type of Orientation on Free recall for each group

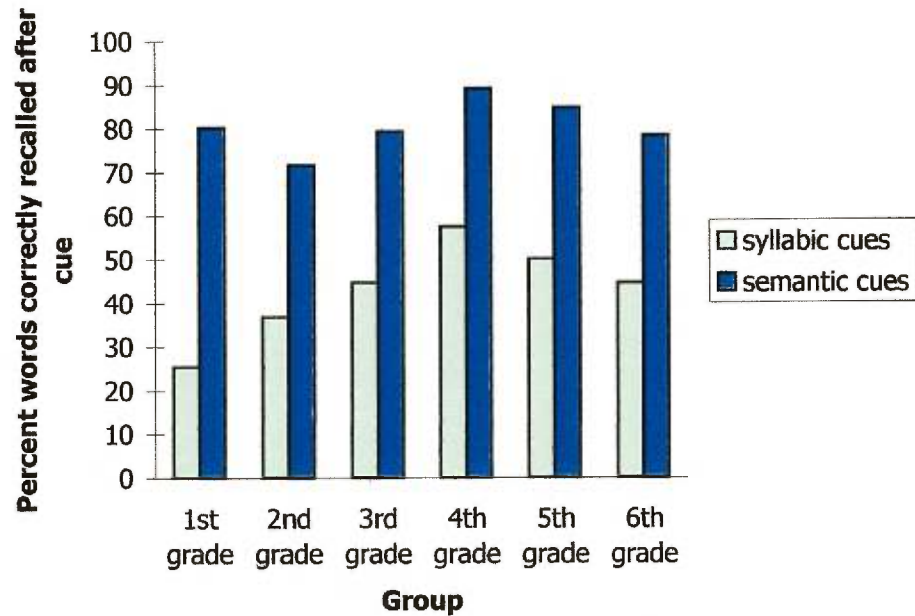
Group	df	F	p
1st graders	1, 2	15.93	< .001
2nd graders	1, 2	33.35	< .0001
3rd graders	1, 2	6.44	< .01
4th graders	1, 2	5.54	< .05
5th graders	1, 2	4.68	< .05
6th graders	1, 2	12.07	< .001

Separate one-way ANOVAs performed on each orientation condition (baseline, syllabic, semantic) revealed Group effects in all cases (Without Orientation: $F(1, 5) = 6.33$, $p < .001$; Syllabic Orientation: $F(1, 5) = 12.5$, $p < .0001$; Semantic Orientation: $F(1, 5) = 4.85$, $p < .001$). Post hoc analyses using Newman-Keuls showed that these effects slightly varied among the three conditions. In baseline and semantic encoding, first-graders showed lower free recall than all of the other groups, which did not differ from each other. In syllabic encoding, the first graders showed lower free-recall than all the other groups. Second and third-graders' free recall did not differ statistically one from another. The third-graders' free recall did not differ significantly from that of the older groups. The second-graders's free recall did not differ from that of 3rd and 4th graders' recall, but was lower than that of 5th and 6th-graders recall. Fourth to 6th-graders performed the best, and these groups did not differ one from another.

Cued recall

The results for cued recall are shown in Figure 5. The analyses indicated a main effect of Recall cues ($F(1, 54) = 84.68$, $p < .0001$) and a marginally significant Group effect ($F(5, 54) = 2.25$, $p = .06$). There was no interaction between Group and Recall cues ($F < 1$). An inspection of the graph shows that semantic recall cues lead to better recall than syllabic recall cues for all of the groups.

Figure 5 – Percentage of benefit from the recall cues

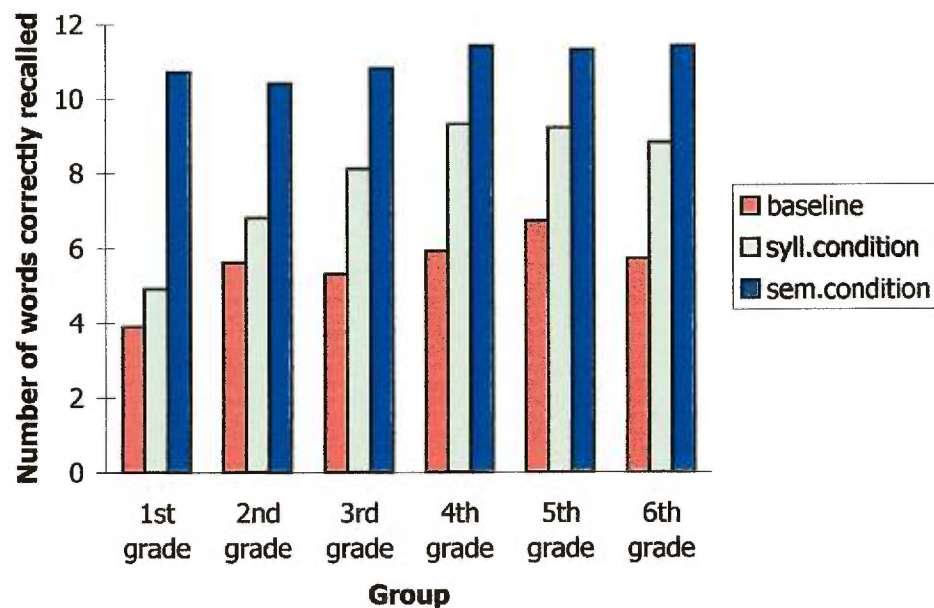


Total recall

The results for total recall are shown in Figure 6. The analysis of total recall data revealed a main effect of Group ($F(5, 54) = 10.18, p < .0001$) and a main effect of Condition ($F(2, 108) = 315.89, p < .0001$). These effects were qualified by an interaction between Group and Condition ($F(10, 108) = 4.17, p < .001$).

To further examine this interaction, separate one-way ANOVAs were performed for each Group. The findings revealed a Condition effect in all of the groups (see Table 3). Post hoc analyses using Newman-Keuls showed that the effect of syllabic and semantic encoding and retrieval cues differed for first and second graders on one hand and for third to sixth graders on the other hand. In first and second graders, syllabic total recall was equal to baseline, and semantic total recall was higher than the other conditions. For grades 3 to 6, semantic total recall was higher than syllabic total recall, which in turn was higher than baseline.

Figure 6 – Number of words recalled after free + cued recall



To further examine this interaction, separate one-way ANOVAs were performed for each Group. The findings revealed a Condition effect in all of the groups (see Table 4). Post hoc analyses using Newman-Keuls showed that the effect of syllabic and semantic encoding and retrieval cues differed for first and second graders on one hand and for third to sixth graders on the other hand. In first and second graders, syllabic total recall was equal to baseline, and semantic total recall was higher than the other conditions. For grades 3 to 6, semantic total recall was higher than syllabic total recall, which in turn was higher than baseline.

Table 4 - Effect of the encoding and retrieval Condition on Total recall for each group

Group	<u>df</u>	<u>F</u>	<u>p</u>
1 st graders	2, 18	111.64	< .0001
2 nd graders	2, 18	30.19	< .0001
3 rd graders	2, 18	53.6	< .0001
4 th graders	2, 18	90.82	< .0001
5 th graders	2, 18	43.52	< .0001
6 th graders	2, 18	43.37	< .0001

Separate one-way ANOVAs were performed for the syllabic and semantic Conditions to identify Group effects. Group effects were found for syllabic total recall ($F(5, 54) = 10.13$, $p < .0001$), but not for semantic total recall ($F(5, 54) = 1.33$, ns).

For syllabic total recall, post hoc analyses using Newman-Keuls showed that first-graders exhibited the worst performance, followed by second and third-graders. The best performance was achieved by the fourth to sixth graders. Thus, syllabic encoding and retrieval cues were efficient only for the older children (grade 3 to 6), whereas semantic encoding and retrieval cues permitted even the youngest children to achieve the performance of the older children.

Discussion

The memory task used in the first experiment was modified to make it more suitable for younger children and test if the performance of the first graders in Experiment 1 was related to the difficulty of the task. We also used a finer-grained division of age to assess more precisely the age at which the changes occur in the qualitative development of memory strategies. The baseline condition (i.e., without encoding and retrieval cues), revealed again an improvement in episodic memory with age. This time however, it is evident that the major change arose around the 2nd grade, and that the improvement was not significant between the 2nd and 6th grades.

There was no order of condition effect in younger children in Experiment 2. This is consistent with our suggestion that a high level of difficulty was partly responsible for the order effect for first graders in Experiment 1. Since this order effect had an impact mostly on the semantic condition, it is not surprising that the sensitivity of young children to semantic orientation occurred in this experiment contrary to Experiment 1. Indeed, semantic encoding produced better free recall than baseline in all the groups in Experiment 2. This is contrary to what was found in Experiment 1, in which younger children did not benefit from semantic orientation with one particular order. Nevertheless, 1st graders showed lower free recall than 4th to 6th graders in all encoding conditions including the semantic one. Thus, the beneficial effect of semantic orientation was not sufficient for the performance of younger children to reach that of the older ones in free recall. However, when provided with semantic orientation and retrieval cues, younger children achieved the performance level of older children. There is a slight possibility that this was due in part to a ceiling effect, as almost half of the 5th and 6th graders reached perfect score in total recall. However, no ceiling effect was found in Experiment 1 and yet 4th graders achieved the performance of 11th-graders in total recall. Thus, it is reasonable to assume that the effect found here is sound.

The effect of syllabic orientation on age was the same in Experiment 2 as in Experiment 1. Syllabic encoding did not lead to better free recall than baseline in any of the groups and had a detrimental effect in the 1st and 2nd graders. This is congruent with the results of Experiment 1, which revealed a decreased free recall in syllabic orientation for first-graders. In addition, however, Experiment 2 indicated that by the third grade children can overcome this detrimental effect. Thus, the detrimental effect of syllabic cues in Experiment 1 cannot be related solely to a difficulty effect due to the number or nature of the words used. The combined effect of encoding and retrieval cues (total recall) also led to different results among the groups for the syllabic condition. Syllabic total recall was similar to baseline in first and second graders, mirroring their performance in free recall. Syllabic total recall was higher than baseline in third to sixth graders, though it remained lower than semantic total recall. Thus, the detrimental effect of syllabic orientation in younger children was not compensated for by providing cues at retrieval.

Finally, cued recall as measured by the percent of benefit from the cues showed no group effect, meaning that all groups of children were able to use the recall cues to the same extent. This is different from Experiment 1, in which first-graders benefited less from the cues than older children.

General discussion

We presented two studies that assessed the development of encoding and retrieval processes in primary-school-aged children. In spite of some methodological differences, the overall results of Experiment 1 and 2 show remarkably coherent results. First, the findings indicated that a major change in memory for lists of unrelated words occurs around the second to third grade. In addition to these major changes, there is a gradual increase in memory performance from first grade through adolescence.

When the task is adapted to their level of proficiency, the results show that children as young as 7 years of age are able to make use of the semantic orienting procedure at encoding to enhance their free recall. However, 1st graders reached the level of older elementary-school children only after they were provided with semantic retrieval cues. This suggests that the spontaneous retrieval processes of the youngest children were not efficient enough to retrieve all the memorized information even when semantic encoding took place. This supports the hypothesis of an increase in retrieval strategies with age. However, the fact that the semantic orienting procedure did not

help the younger children more than the older ones in comparison to baseline suggests that their spontaneous encoding strategies were as efficient as those of the older children. This does not support the hypothesis of an encoding deficit in young elementary school children. This can be explained by the fact that we used lists of unrelated words, and that the encoding strategies that can be used in this type of memory task are different from those that take place later in development and which may rely more on organization or elaboration.

Both experiments reveal consistent difficulties in the youngest children with syllabic encoding and retrieval. The free recall data indicates that orienting encoding toward syllabic properties of the words disrupted recall for 1st and 2nd graders, and that giving them syllabic recall cues did not raise performance above baseline. This result was found even when care was taken to use words known to typical children of that age and also when the number of words to be memorized was reduced. In older children, both experiments showed that syllabic orienting failed to enhance free recall relative to baseline, and that syllabic retrieval cues were less of a help than semantic recall cues. Thus, as expected, syllabic processing of the words is not an efficient strategy to encode information, and it even seems to interfere with the spontaneous memory mechanisms of younger children. The finding that syllabic processing was less effective than semantic processing in all children generally confirms that the Levels of processing principle is a general principle that applies to children as young as 7 years of age.

Although the results of these experiments are quite straightforward, some methodological points should be raised. First, the number of participants is somewhat small, particularly in Experiment 2. However, we do not feel that this is a serious problem because many of the data from Experiment 1 were replicated in Experiment 2. Another point is that there is no group of older children in Experiment 2 that would have enabled us to directly compare the results with those of the 11th-graders in Experiment 1. However, given the performance of the 5th and 6th grade students, a ceiling effect in the semantic condition would have been likely found in older persons. A third point is that the reading proficiency of children could have been a contaminating factor in the results of the youngest groups. Indeed, the first- and some second-grade children took a longer time and had more difficulties reading the words than children in the other groups. It is possible that this has placed an additional load on working memory and could explain in part the pattern of results, notably in syllabic condition. As

some of the words used were irregular, this may have played a role in the ease with which they were processed at the syllabic level. However, in Experiment 2, care was taken to make sure that the subjects knew the words. Whereas, this was only tested at the semantic level, there is much chance that this is also the case for their word form level. In spite of the fact that modification of our task certainly made reading easier for the youngest children, the pattern of results only changed in the semantic condition. We can thus reasonably think that reading proficiency is not a major factor, at least in experiment 2. Obviously, this should be more formally tested in future work.

The results of our studies can be interpreted in terms of the production/utilization deficiency framework. The way in which encoding and retrieval strategies develop can be used to assess whether children have a production or utilization deficit. For example, the fact that there are cases where young children do not use efficient memory strategies as older children do even if they are explicitly instructed to do so has been interpreted as a "production deficiency" (Bjorklund, 1985, 1987). In other instances, children as young as 3 years of age have been found to use some simple strategies in memory tasks (Wellman, 1988) but these strategies do not necessarily enhance memory performance. Miller and her colleagues (Miller, 1990; Miller & Harris, 1988; Miller and Seier, 1994; Miller, Woody-Ramsey & Aloise, 1991) have interpreted this phenomenon as suggesting an "utilization deficiency" whereby the generation of a strategy that is effective for older individuals fails to increase recall among novice users.

When the task was adapted to first-graders, they were able to benefit from semantic orientation when provided with both encoding and retrieval cues. Yet their free recall remained poorer than that of older children, suggesting that they were still unable to produce spontaneous retrieval strategies that would be efficient enough to allow them to achieve the free recall performance of older children. The fact that semantic recall cues enabled them to achieve the performance level of the older children suggests that they have no utilization deficiency for semantic retrieval strategies. In contrast, first and second graders were unable to make use of the syllabic encoding and retrieval procedures to enhance their recall. It can thus be suggested that they have an utilization deficiency for these particular kinds of cues. This pattern of results is compatible with numerous studies suggesting that utilization deficiencies can be found in some experimental conditions, but not in others (for

children in the same age group or even for the same children) (Miller, 1994; Miller&Seier, 1994; Schneider&Sodian, 1997).

The absence of a utilization deficit for semantic cues is consistent with the data showing that by 7 years of age, younger children use the same type of semantic information as older ones to process items (Ackerman, 1987). Children would thus have the necessary organization to benefit from semantic processing when properly oriented at encoding. However, they would not spontaneously use the appropriate retrieval strategy before the 2nd-3rd grade. This is consistent with the findings of numerous studies on the development of other memory strategies that consistently tend to show developmental shifts around the ages of 8 to 10 years (Bjorklund & Douglas, 1997). Thus, the retrieval strategies assessed here would undergo similar developmental rates as other kinds of memory strategies, such as organization or rehearsal. When the task is adapted to the semantic knowledge of the children, the increase in episodic memory in school-aged children can be explained by the presence of crucial modifications that occur between 8 and 10 years of age. These modifications would make children more active in their retrieval of to-be-memorized items.

The presence of a utilization deficit in the youngest children for the syllabic condition deserves additional investigation to be fully understood. Indeed, the syllable is a fundamental organization unit for language in French (Mehler et al., 1981; Peretz et al., 1998) and some data have shown that implicit memory for first-syllable completion tasks is present in very young children (Peretz, personal communication). Thus, the basic units on which our orientation procedure is hypothesized to work are likely linguistically relevant even in our youngest group of children. However, as mentioned above, our task is explicit and requires that children intentionally commit words to memory. Given that syllabic processing is not very efficient for later retrieval, it is possible that older children use additional strategies while performing the orientation task. This may not be possible for younger children because they may lack resources or metacognitive abilities to engage in such additional strategies.

Interestingly, the moment at which children can overcome their difficulties is the same as the one when efficient retrieval strategies appear to occur. This raises the possibility that similar mechanisms underlie the two phenomena. Possible cognitive correlates of these modifications are executive processes, general resources, working memory capacity (Case, 1995, Hitch & Towse, 1995, Pascual-Leone, 1970) or

metacognition abilities (Holland & Kurtz-Costez, 1997), all of which may involve the frontal lobe areas. The fact that this part of the brain undergoes massive modifications in the pre-adolescent period, notably in terms of myelination, long distance connexions, and activation spread tends to support such an interpretation (for a review, see Case, 1995),

References

- Ackerman, B. P. (1984). Item-Specific and relational encoding effects in children's recall and recognition memory for words. Journal of Experimental Child Psychology, *37*, 426-450.
- Ackerman, B.P. (1987). Developmental differences in episodic retrieval: The role of differences in concept representations in semantic memory. Developmental Psychology, *23*(1), 31-38.
- Ackerman, B.P (1988b). Search set access problems in retrieving episodic information from memory in children and adults. Journal of Experimental Child Psychology, *45*, 234-261.
- Ackerman, B.P. (1996). Induction of a Memory retrieval strategy by young children. Journal of Experimental Child Psychology, *62*, 243-271.
- Appellof, E.S., Augustine, E.A. (1986). Prefrontal functions in juvenile delinquents. Journal of Clinical experimental Neuropsychology, *7*, 604.
- Baudot, J (1992). Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain. Montréal : Presse de l'Université de Montréal.
- Belleville, S., Chatelois, J., Fontaine, N., Lussier, I., Peretz, I. & Renaseau-Leclerc, C. (1992). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire, Côte-des-Neiges.
- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I. (in preparation). Levels of processing and strategic retrieval in normal aged adults.
- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I., & Fontaine, F. (1998). The equalization of baseline performance removes the effect of cueing and depth of processing in normal ageing. Abstracts of paper and poster presentations, 1998 Cognitive Aging Conference, 224.

- Bjorklund, D.F. (1985). The role of conceptual knowledge in the development of organization in children's memory. In C.J. Brainerd & M. Pressley (Eds.), Basic Processes in Memory Development: Progress in Cognitive Development Research (pp.103-142). New York: Springer.
- Bjorklund, D.F. (1987). How age changes in knowledge base contribute to the development of organization in children's memory: An interpretative review. Developmental Review, 7, 93-130.
- Bjorklund, D.F., Douglas, R.N. (1997). The development of memory strategies. In N. Cowan & C. Hulme (Eds), The development of memory in childhood (pp.201-246), UK: Psychology Press.
- Ceci, Stephen J. (1980). A developmental study of multiple encoding and its relationship to age-related changes in free recall. Child Development, 51, 892-895.
- Ceci, Stephen J.; Howe, Michael J. A. (1978). Semantic knowledge as a determinant of developmental differences in recall. Journal of Experimental Child Psychology, 26, 230-245.
- Chelune, G.J., Baer, R.L. (1986). Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 8, 219-228.
- Corsale, K., Ornstein, P.A. (1980). Developmental changes in children's use of semantic information in recall. Journal of Experimental Child Psychology, 30, 231-245
- Craik, F.M., Lockhart, R.S. (1972). Levels of Processing: a Framework for Memory Research. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11, 671-684.
- Dagenais, C., Whitaker, H.A., Desmarais, G., Morasse, K., Brosseau, J. (1996). Representation in semantic memory: A developmental study. Journal International de Psychologie, 31(3-4), 204.
- Flavell, J.H., Beach, D.R., Chinsky, J.H. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. Child Development, 37, 283-299.

- Gathercole, S. E.(1998) The development of memory. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39 (1), 3-27.
- Giroux, L. (1982). L'économie cognitive en mémoire sémantique. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- Guttentag, R.E., Ornstein, P.A., Seimens, L. (1987). Children's spontaneous rehearsal, transitions in strategy acquisition. Cognitive development, 2, 307-326
- Harnishfeger, K.K., Bjorklund, D.F. (1990). Children's strategies: A brief history. In Children's Strategies: Contemporary views of cognitive development, D.F. Bjorklund (Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hasselhorn, M. (1995). Beyond production deficiency and utilization inefficiency: Mechanisms of the emergence of strategic categorization in F.E. Weinert & W. Schneider (Eds) Memory Performances and Competencies, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 141-159
- Janowsky, J.S., Shimamura, A.P., Kritchewsky, M., Squire, L.R. (1989). Cognitive impairment following frontal lobe damage and its relevance to human amnesia. Behavioral Neuroscience, 103, 549-560.
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R.B., Markowitsch, H.J. (1986). A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. Cortex, 22, 229-242.
- Kirk, U., Kelly, M.A. (Children's differential performance on selected dorsolateral prefrontal and posterior cortical functions: A developmental perspective. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 7, 604.
- Mehler, J. , Dommergues, J. Y. , Frauenfelder, U. & Segui, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. Journal of verbal Learning and Verbal Behavior, 20, 298-305.
- Miller, P.H. (1994). Individual differences in children's strategic behavior: Utilization deficiencies. Learning and Individual Differences, 6 (3), 285-307.

- Miller, P.H. (1990). The development on strategies of selective attention. In D.F. Bjorklund (Ed.), Children's strategies: Contemporary views of cognitive development (pp. 157-184). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miller, P.H., Harris, Y.R. (1988). Preschoolers' strategies of attention on a same-different task. Developmental Psychology, *24*, 628-633.
- Miller, P.H., Seier, W.L. (1994). Strategy utilization deficiencies: when, where and why. Advances in Child Development and Behavior, *25*, 107-156
- Miller, P.H., Seier, W.L. (1994). Strategy utilization deficiencies in children: When, where and why. In H.W. Reese (Ed.), Advances in child development and behavior: Vol 25 (pp.107-156). New York: Academic Press.
- Miller, P.H., Woody-Ramsey, J., Aloise, P.A. (1991). The role of strategy effortfulness in strategy effectiveness. Developmental Psychology, *27*, 738-745.
- Moscovitch, M. (1992). A neuropsychological model of memory and consciousness. in Squire L.R. , Butters, N. (Eds) Neuropsychology of memory, second Edition (5-22). The Guilford Press, New York, N.Y.
- Passler, M.A., Isaac, W., Hynd, G.W. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. Developmental neuropsychology, *1*, 349-370.
- Peretz, I., Lussier, I., & Béland, R. (1998). The differential role of syllabic structure in stem completion for French and English. European Journal of Cognitive Psychology, *10*, 1, 75-112
- Salatas, H., Flavell, J.H. (1976). Behavioral and metamnemonic indicators of strategic behaviors under remember instructions in first grade. Child Development, *47*, 81-89
- Schneider, W., Sodian, B. (1997). Memory strategy development: Lessons from longitudinal research. Developmental Review, *17*, 442-461

- Schneider, W., Pressley, M. (1989) Memory development between 2 and 20. New-York: Springer.
- Sodian, B., Schneider, W., Perlmutter, M. (1986). Recall, clustering, and metamemory in young children. Journal of Experimental Child Psychology, 41, 395-410
- Tulving, E. & Thompson, D.M. (1973). Encoding Specificity and Retrieval process in Episodic Memory, *Psychological Review*, 80, 352-373.
- Wellman, H. The early development of memory strategies. In F.E. Weinert & M. Perlmutter (Eds.), Memory development: Universal changes and individual differences (pp.3-29), Hillsdale, N.J.: Erlbaum.ed.

A Study of Memory Functioning In Individuals with Autism

Karine Morasse^{1,2}, Laurent Mottron^{2,3} & Sylvie Belleville¹

¹Groupe de recherche en Neuropsychologie Expérimentale, Université de Montréal et Centre de recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.

²Clinique spécialisée des Troubles Envahissants du Développement, Hôpital Rivière-des-Prairies, Montréal (PQ) Canada

³Département de Psychiatrie, Université de Montréal

Send correspondence to:

Laurent Mottron

Clinique spécialisée des Troubles Envahissants du
Développement, Hôpital Rivière-des-Prairies, Montréal (PQ)
Canada, H1E1A4.

E-mail: mottronl@istar.ca

Abstract

Memory tasks were administered to 14 high-functioning individuals with autism and 14 typically developing individuals matched on chronological age and verbal intelligence. The tasks consisted of free and cued recall of 15 semantically unrelated words in three encoding conditions: phonological cues, semantic cues and no encoding cues. In both groups, semantic orientation led to better free recall than did orientation toward syllabic encoding or absence of orientation. In contrast, semantic cues led to better cued recall than phonological cues in typically developing individuals, whereas both types of cue had the same effect in prompting cued recall for individuals with autism. These findings are incompatible with the hypothesis of an amnesic deficit and with the implication of executive or semantic deficits in the memory problems of autistic individuals. It is proposed that these findings can be accounted for by enhanced phonological processing in autism. This interpretation is consistent with other findings of enhanced performance in processing low-level perceptual information in the visual and auditory modality in autism.

Long term memory may be relevant to cognitive models of autism due to the presence of exceptional abilities, as well as deficits in this information processing domain, in persons with autism. Numerous cases of autistic persons with exceptional memories are described in the literature (Kanner, 1943; Mottron, Belleville & Stip, 1996; Mottron, Belleville, Stip & Morasse, 1998). However, memory deficits such as poor recall of recent events are also reported in these individuals (Boucher, 1981a). Abnormal memory functioning is consistent with two current hypotheses of cognitive deficits in autism. The first is amnesic-like disorder and it implies a general deficit in episodic memory. The second is executive in nature and predicts deficiencies in the ability to use efficient encoding and/or retrieval strategies.

The hypothesis of an amnesic-like disorder in autism was derived from animal and human research studies that reported similarities (such as poor emotional responsiveness, poor visual contact and weak attachment) between persons with autism and animals/humans with bilateral medial temporal lesions or pathologies (DeLong, 1981, 1992; Bachevalier, 1994). Medial temporal structures of the brain are implicated in the regulation of emotional reactions and in long term memory (Mishkin, 1978; Cahill, Babinsky, Markowitsch & McGaugh, 1995). Bilateral lesions of these structures can cause a range of syndromes including agnosia, amnesia and emotional changes, or Kluver-Bucy syndrome. Heltzer and Griffin (1981) suggested that Kluver-Bucy syndrome and autism might share some behavioral similarities. Moreover, animal research revealed that bilateral neonatal ablation of medial temporal structures in young monkeys produced, later in development, poor facial and body expression, reduced eye contact and locomotor stereotypies (Bachevalier, 1991, 1994; Bachevalier & Merjanian, 1994). According to these authors, these behaviors might be compared to some socio-emotional disorders found in autism

The hypothesis of a meaningful similarity between Kluver-Bucy syndrome and autism is strongly dependent on the presence of a memory deficit in autism, given the major role of the mesio-temporal region in memory. Indeed, infant lesioned monkeys were severely amnesic on delayed nonmatching-to-sample tasks, and this performance persisted for several years following the lesion (Bachevalier, 1994). Although bilateral temporal amnesia is characterized by a massive episodic memory deficit in adults, it is possible that functional and neuronal plasticity modifies the nature or severity of the amnesic disorder when dysfunction occurs early in development. Nevertheless, the

amnesic hypothesis predicts some alteration or atypicality in episodic memory performance. This prediction was only partially supported by empirical research on memory in individuals with autism. For example, Boucher and Warrington (1976) administered memory tasks that measured free recall, cued recall and recognition of verbal and visual stimuli to low-functioning persons with autism. Participants were poor at free recall and recognition despite normal performance in cued recall and paired associate learning. The authors concluded that persons with autism showed a pattern of results similar to that of amnesic patients. Also, in a test of immediate recall of word lists, Boucher (1981b) reported that, as in amnesic patients, the primacy effect was diminished in her participants with autism. However, these amnesic-like deficits were not found in individuals with autism of normal or quasi-normal intelligence (Ameli, Courchesne, Lincoln, Kaufman & Grillon, 1988; Rumsey & Hamburger, 1988; Minshew & Goldstein, 1993; Barth, Fein and Waterhouse, 1995).

Memory deficits in autism might also be explained by an executive function deficit. Executive functions are used in the selection, maintenance and manipulation of information during planning and goal-oriented strategies (Stuss & Benson, 1987). According to Moscovitch (1992a), executive functions also play a major role in memory, as evidenced by performance of frontally injured patients on memory tasks. On free recall tasks, normal individuals regroup the items to be memorized, for example, on the basis of semantic category, while individuals with executive dysfunction do not (Gershberg & Shimamura, 1995). Similarly, patients with prefrontal lesions find it difficult to initiate active retrieval strategies. Whereas normal individuals succeed in retrieving memorized information without external aid, patients with prefrontal lesions often need to be cued, or even given a forced choice, in order to surpass their deficient retrieval mechanisms (Janowsky, Shimamura, Kritchevsky & Squire, 1989; Jetter, Poser, Freeman & Markowitsch, 1986). The role of executive functions in encoding and retrieval strategies might explain why recognition is usually normal in persons with an executive deficit resulting from prefrontal lesions, whereas list and free recall are impaired. This would also elucidate the reasons why persons with an executive deficit only perform normally when the material to be memorized does not have to be actively manipulated during encoding (Moscovitch, 1992b).

A number of authors have proposed that there are executive function deficits in persons with autism (Rumsey, 1985; Rumsey and Hamburger, 1988,1990; Ozonoff, Pennington and Rogers, 1991; Hughes, Russell & Robbins, 1994; Pennington & Ozonoff,

1996). Moreover, empirical findings support the notion that these deficits play a role in the atypical performance of persons with autism on memory tasks. For example, material organization (semantic, syntactical, categorical) does not benefit persons with autism to the same degree as it does for normally developing individuals. Nor do persons with autism cluster similar elements during recall (Hermelin & O'Connor, 1967, 1970; Hermelin, 1976, Minshew and Goldstein, 1993) to the same extent as comparison groups.

Several researchers have described the locus of memory deficit within a framework of atypical encoding and/or retrieval strategies (Hermelin & O'Connor, 1967, 1970; Minshew & Goldstein, 1993; Tager-Flusberg, 1986). Hermelin (1976) suggested that children with autism encode and store verbal information in a raw, unstructured form instead of analyzing and restructuring information in the manner that normal individuals do to enhance recall. In contrast, Tager-Flusberg (1991) suggested that there is a deficit in retrieval rather than encoding processes. She compared the effect on recall performance of providing phonological vs. semantic cues at retrieval, and found that children with autism benefited from semantic and phonological cues to the same extent as I.Q. matched controls and mental age matched children. Therefore, persons with autism might have normal semantic organisation, but they may be unable to spontaneously use previous knowledge to facilitate retrieval of stored information (Tager-Flusberg, 1991; Boucher & Warrington, 1976; Tager-Flusberg, 1985a & b, 1986).

Nevertheless, some methodological characteristics in the previous experiments might undermine the robustness of these results. First, encoding conditions were not controlled, and the cues used at retrieval might have differed from those used at encoding. The effect of the retrieval cues might be moderated by the specific encoding strategies used by each participant. According to the Encoding Specificity Principle (Tulving & Thompson, 1973), recall cues are more effective when they are similar to cues used at encoding. Therefore, encoding processes should be controlled when measuring the effect of retrieval cues on recall performance. In this regard, Tulving & Thompson (1973) suggested that specific encoding strategies should be induced by using an orienting procedure such as asking questions (e.g., which word is the name of a fish?) about the items to be memorized during the learning phase. A second methodological concern is that the experiments on the memory of individuals with autism did not measure encoding and retrieval memory processes *concurrently*, which

would allow for an assessment of the relation between recall performance and specific types of encoding conditions. Finally, the majority of experiments used only relatively low-functioning individuals who were compared to older, I.Q. matched controls with mental retardation and/or to younger participants with typical development. Subnormal intellectual level creates uncertainty when interpreting psychological findings in persons with autism because a generally low level of development might interfere with a specific pattern of disabilities (Burack, Iarocci, Bowler & Mottron, submitted).

In the current experiment, the episodic memory of individuals with autism was examined, with specific emphasis on encoding and retrieval processes. Participants were administered a task that compared free recall to cued recall, with or without specific encoding strategies. It induced semantic (deep) or syllabic (shallow) encoding and retrieval strategies, allowing for the assessment of their respective roles in recall performance. The task conformed to encoding specificity (Tulving & Thompson, 1973) and was conceived on the basis of the Levels of Processing principle (Craik & Lockhart, 1972). According to this principle, the strength of the mnemonic trace is determined by type of encoding. Superficial (phonological) encoding results in a lower recall performance than deeper (semantic) encoding. In persons with normal development, results on this task are consistent with the levels of processing and encoding specificity principles (Craik & Lockhart, 1972; Tulving & Thompson, 1973). In comparison to a condition without orientation, syllabic encoding cues do not improve free recall, whereas semantic cues do. Furthermore, Although both types of cue generally improve recall in normal persons, semantic recall cues are more efficient than syllabic recall cues in prompting cued recall (Belleville, Tainturier, & Peretz (in preparation); Belleville, Tainturier, Peretz & Fontaine, 1998). Finally, this task was administered to high-level autistic individuals, thus avoiding problems with interpretation that might result from testing persons with subnormal levels of functioning.

We predicted that, if participants with autism have an amnesic-like deficit, they should exhibit less free and cued recall than normal participants. According to the Levels of Processing principle, semantic recall in persons with autism should be higher than syllabic recall, unless they present a semantic deficit or enhanced phonological processing. On the other hand, if the memory impairment originates from an executive deficit that prevents efficient encoding, persons with autism should benefit more than controls from the encoding cues. Finally, if participants with autism suffer from an

executive deficit in using retrieval strategies, free recall should be impaired. However, providing retrieval cues should enable normal recall.

Method

Participants

Experimental group.

This group consisted of 14 high-functioning individuals with autism. A diagnosis of autism was made on the basis of the Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R; Lord, Rutter & LeCouteur, 1994), which was conducted by one of the authors (L.M.) who was trained on this instrument and had achieved a reliability of .9 with its developers. Diagnosis was confirmed by an explicit assessment of DSM-IV (APA, 1994) criteria through direct observation. Five of the participants received a diagnosis of Asperger's Syndrome on the basis of absence of language delay or atypicalities of the autistic type (e.g., echolalia; pronoun reversal), but still met criteria for autism on the ADI-R. The Intellectual Quotient (IQ) of each autistic participant was measured using WISC-R, WAIS-R, WISC-III (4 persons) or Stanford-Binet (1 person). The global and verbal IQs of all participants were in the range of normal or superior intelligence (80 and above). Full scale IQ ranged from 83 to 129 and verbal IQ ranged from 82 to 132.

Table 1 – Characteristics of the participants

	Gender	Age	VIQ	PIQ	FSIQ
Autistic	11M, 3F				
<i>mean</i>		17,1	103,8	106,7	105,4
<i>SD</i>		(7,31)	(14,99)	(12,30)	(12,99)
Typical	9M, 5F				
<i>mean</i>		16,0	108,9		
<i>SD</i>		(6,82)	(7,28)		

Control group.

Fourteen typically functioning individuals were recruited from the community. They were matched individually with the autistic participants on chronological age and at a group level for verbal IQ. There was no significant age difference between the two groups ($t(26) = 0.35, p = .72$). As these individuals were presumed to have a normal full scale IQ, only verbal IQ was measured using WISC-R, WAIS-R or WISC-III. Mean verbal IQ ranged from 100 to 127 and did not differ from the verbal IQ of autistic participants ($t(26) = -1.14, p = .26$). None of the typically functioning participants had a neurological or psychiatric history.

The experiment was formally approved by a local ethics committee. Each participant (or their parents, in cases where participants were minors) gave informed consent to participate and received financial compensation for their expenses. All participants were francophones. Demographic data for the groups are presented in Table 1.

Materials

The task used in this experiment was taken from the Côte-des-Neiges computerized Memory battery (Batterie d'évaluation de la mémoire, Chatelais, Pineau, Belleville & Peretz, 1992; Belleville et al 1992) and contained three lists of 15 concrete French nouns. There was one list for each testing condition (no cue, semantic cue and syllabic cue). The words in each list belonged to 15 different semantic categories. The same 15 categories were used for the three lists, such that each category was represented by three words in the entire task. The lists were equivalent with respect to frequency of use (Baudot, 1992) and typicality values of the words (Giroux, 1982). To avoid guessing in the semantic condition, none of the words were the most typical of their category. Additional controls were used for the words forming the syllabic list : a) words were polysyllabic b) each word started with a different syllable and c) the first syllable was orthographically and phonologically unambiguous. For example, words starting with the sound [f] (such as "pharmacien"; in english *pharmacist*) were avoided because they have more than one graphemic correspondence (here, f or ph). The difficulty level of the three lists was equivalent. This was assessed in a pretest by administering each list to three groups of young participants and comparing free recall (Tainturier, Belleville, Peretz & Fontaine, 1988).

Design

Participants were tested individually in three sessions. Each participant received all cue conditions, one per session. To prevent interference effects, at least seven days elapsed between sessions. The no cue condition was always administered in the first session, as it served as the baseline level. This ensured that the encoding strategies prompted by the semantic and syllabic orientations did not influence the baseline. The semantic and syllabic conditions were administered in the other sessions in a counterbalanced order. Due to an experimenter error, 8 participants in each group received the semantic condition before the syllabical one, and 6 received the syllabical condition before the semantic one. However, the order of presentation did not influence the results.

Procedure

The task was run on a Macintosh computer with a high resolution screen. In each condition, participants sat in front of the computer and were required to memorize the words that appeared on the screen. The 15 words that comprised each list were arranged in a 5 x 3 matrix and written in block letters. There were three conditions of encoding: no cueing, semantic cueing and syllabic cueing. In the no cueing condition, the examiner read aloud a word from the list, and the participant was asked to find this word in the matrix (e.g., 'show me *the word BROCCOLI*'). Individuals were instructed to point to the word and read it aloud. The same procedure was used for each word, involving a total of 15 different presentations of the matrix. The spatial arrangement of items in the matrix changed between each encoding in order to prevent the use of spatial information for recall.

In the other conditions, the procedure was the same except that the encoding instructions oriented individuals toward the syllabic or semantic aspect of the word. In the semantic condition, participants were asked to find words according to their taxonomic category (e.g., 'show me *the name of the vegetable*'). In the syllabic condition, they were asked to find words given their first syllable (e.g., 'show me *the word starting with NA*'). In all three conditions, participants were asked to count backward for 45 seconds after encoding. This was done to prevent a contribution of short-term memory to recall through a recency effect. Free recall was tested immediately after counting. Finally, participants were asked to recall orally, in any order,

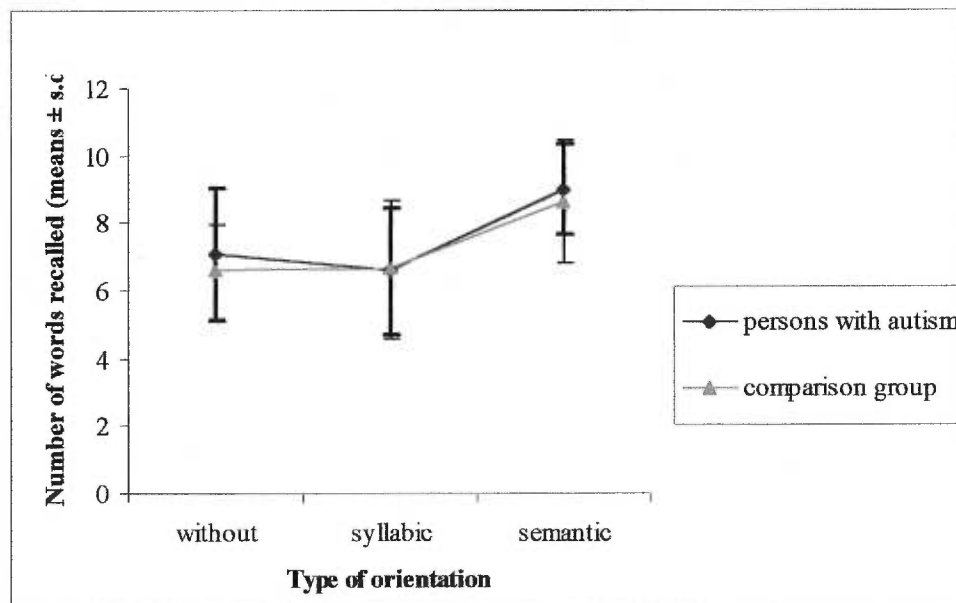
all the words that they remembered from the list. In the semantic and syllabic conditions, free recall was followed by cued recall.

Cues used at recall were the same as those used at encoding (semantic category or first syllable). The cues were presented visually on the computer and read aloud by the examiner (e.g., 'One of the words of the list was the name of a vegetable; do you remember what it was?'). Only the words that were not remembered during free recall were prompted with cues.

Results

Free recall (i.e., the number of words recalled correctly before cueing), was used as the first dependent variable. A preliminary analysis showed that there was no effect of the order of presentation of the conditions (syllabic or semantic) on free recall ($F < 1$), nor was there an interaction between order and any of the other variables. Thus, results on free recall were analysed using a two-way analysis of variance, with Group (autistic vs. control) as a between-subject variable and Type of orientation (no orientation vs. syllabic vs. semantic) as a within-subjects factor. The results for free recall are shown in Figure 1.

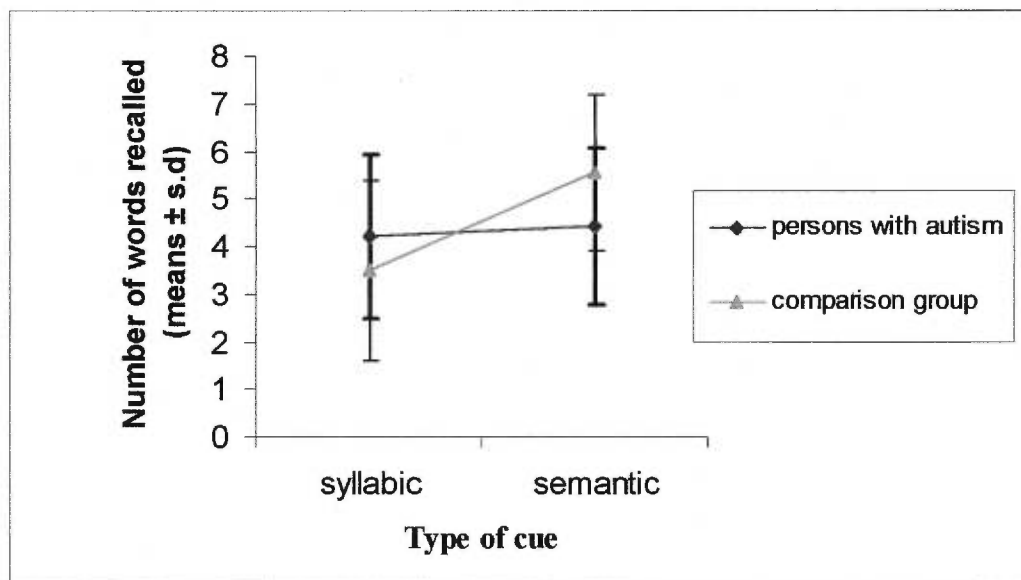
Figure 1- Number of words correctly given in free recall



Analysis of free recall revealed neither a Group effect nor a Group \times Type of orientation interaction, ($F < 1$) in both cases. However, there was a main effect of the Type of orientation, $F(2, 52) = 20.90$, $p < .0001$. A post hoc Sheffe test indicated that semantic encoding yielded better recall than no orientation ($p < .0001$), whereas syllabic orientation did not ($p > .05$). Thus, both autistic and control participants recalled more words in the semantic condition than in the no orientation condition.

Cued recall (i.e., the number of words recalled correctly when prompted with retrieval cues), was the second dependent variable. Preliminary analysis showed that there was no effect of the order of presentation of the conditions (syllabic or semantic) on cued recall ($F < 1$), nor any significant interactions between order and any of the other variables. Results on cued recall were analysed using a two-way analysis of variance, with Group (autistic vs. control) as a between-subjects variable and Type of retrieval cue (syllabic/ semantic) as a repeated factor. The results for cued recall are shown in Figure 2.

Figure 2- Number of words given in response to the recall cues



Analysis of cued recall revealed no effect of Group, ($F < 1$). There was a main effect of Type of retrieval cue, $F(1, 26) = 6.83$, $p < .05$. However, this effect was qualified by a Group \times Type of retrieval cue interaction $F(1, 26) = 4.51$, $p < .05$. Simple effects showed that, whereas semantic recall cues enabled better recall than

syllabical ones in control participants $F(1,26) = 11.21, p < .01$, this was not the case for participants with autism ($F < 1$) (see figure 2).

Recency and primacy effects in free recall were also examined. The words from each list were separated into three blocks, according to their order of presentation during the learning phase. The five first words presented were used to calculate a primacy effect, the last five words to calculate a recency effect, and the five middle words were used to examine effects of words presented in the center of the list. The three scores were then computed for each participant.

These scores were analysed using a two-way analysis of variance, with Group (autistic vs. control) as a between-subjects factor and Position in the list (primacy vs. center vs. recency) as a repeated factor. Comparisons were performed separately for the three free recall conditions (no orientation vs. syllabic vs. semantic). There was no effect of Group for any of the conditions ($F < 1$) in the syllabic and semantic conditions, $F(1,26) = 1.07$, n.s. and in the no orientation condition, nor was the Group \times Position interaction significant ($F < 1$) for all recall conditions. There was a significant Position effect for the syllabic and semantic conditions, $F(2,52) = 9.70, p < .001$ and $F(2,52) = 4.82, p < .05$, respectively, but not for the no orientation condition $F(2,52) = 2.33$, n.s. A post hoc Scheffe test indicated that words presented at the end of the list (recency) were recalled more than words presented at the beginning (primacy) ($p < .001$) and middle of the list, $p < .01$).

To assess the relation between performance on cued recall and clinical signs of autism, we examined the correlation between scores on the subscales of the ADI-R and the results on the test of cued recall. Severity of autism in each of the areas relevant for diagnosis was measured using the cumulative score of each participant on each of the ADI-R subscales (1-social interaction, 2-communication, 3-restricted interests and repetitive behavior). The results revealed a significant negative correlation between performance on semantic cued recall and social interaction scores ($r = -.69, p < .01$) and communication scores ($r = -.54, p < .05$). In contrast, there was no significant correlation between semantic cued recall and restricted interests and repetitive behaviors ($r = .08$, n.s.). Also, there was no significant correlation between syllabic cued recall and the scores on the three subscales of the ADI-R (respectively $r = -.40, r = -.42$ and $r = -.28$, n.s.). Thus, the more autistic features that individuals presented, (as

assessed by the social interaction and communication scales) the worse they performed on semantic cued recall.

Discussion

Memory tasks were used to examine free and cued recall in high-functioning individuals with autism. Specifically, the purpose of this study was to examine the effect of phonological vs. semantic encoding and retrieval cues in this group. First, we found that semantic orientation led to better free recall than orientation toward syllabic encoding or absence of orientation. This profile of performance was present in the clinical and comparison group. Second, the two types of retrieval cues yielded different effects on recall of the two groups. While semantic retrieval cues led to better cued recall than syllabic cues in normal individuals, semantic cues were not better than syllabic ones in prompting cued recall among individuals with autism.

Implications for current models of memory deficits in autism

These results confirm that high-functioning persons with autism do not present an amnesic-like deficit, as they performed as well as the comparison group on the free recall task. Moreover, they showed primacy and recency effects that were comparable to those of persons in the control group. These results are consistent with findings by Bowler, Matthews & Gardiner (1997), that persons with autism and Asperger's syndrome performed as well as controls in recalling a list of unrelated words and performing explicit stem completions.

The discrepancy between the current findings and those of Boucher & Warrington (1976) and Boucher (1981b) might be explained by their use young and/or developmentally delayed children in contrast to the high functioning individuals over 9 years of age used in the present study. According to this interpretation, memory impairment of the amnesic type could span a certain range of developmental age in autism, and may be compensated for later. The hypothesized link between a type of deficit and a given developmental age is different from a mere developmental delay. This is underscored in our findings with the autistic participants, whose performance did not resemble the patterns found in any age group of typically developing school-age children on the same task (Morasse, Belleville & Mottron, in preparation). On the other hand, the finding of normal memory performance in individuals with autism of normal intelligence, at the culmination of their development, may not be a normalisation of this

deficit. Adolescents with autism might obtain normal performance using different cognitive strategies than those of typically developing individuals.

Our finding is also inconsistent with the notion of an executive deficit account of memory impairment in autism. Individuals with autism showed normal free recall and did not benefit more than the comparison group from orientation or recall cues. The memory strategies used spontaneously by individuals with autism, regardless of type, were as efficient as those employed by the comparison group in a test of free recall. These results do not support the hypothesis of an executive deficit similar to that of frontally injured patients, either at the level of encoding or retrieval. However, it is possible that the nature of the conditions used in this experiment did not allow for the manifestation of any type of executive deficit. Indeed, the recall deficits presented by frontal-lobe injured patients are usually larger when the lists are composed of semantically related rather than unrelated words (Stuss et al., 1994), and numerous authors have shown deficits in autistic individuals for free recall of lists of related words (Hermelin & O' Connor, 1967, 1970; Tager-Flusberg, 1991; Bowler, Matthews & Gardiner, 1997). Moreover, it is now commonly accepted that executive functions are not a unitary process at the cognitive or anatomical level. It is therefore possible that the executive deficits found in persons with autism do not interfere with the memory tasks used here.

Finally, the finding of a superiority in free recall when material is encoded with semantic cues as compared to no cues or phonological cues, does not support the hypothesis of a straightforward semantic deficit in autism. This negative finding converges with numerous others. Tager-Flusberg (1986), in experiments on categorization, prototypicality and word meaning, found that autistic individuals showed the same results as persons with mental retardation and mental age matched typically functioning participants

How to account for an equivalent effect of semantic and phonological cues on recall performance?

Our main finding is that individuals with autism, contrary to typically developing individuals, do not benefit more from semantic rather than phonological cues. Thus, we replicated Tager-Flusberg's (1991) results, using high functioning individuals with autism and controlling encoding and retrieval processes. Individuals with autism do not conform to the Levels of Processing principle : they use superficial and deep recall

cues equally efficiently. This skewing of recall efficiency toward superficial information has been repetitively underscored in autism research since the pioneering work of Hermelin and O'Connor (1967). It is also compatible with the "central coherence deficit" hypothesis (Frith, 1989), if we interpret it as a bias toward low-level (here, phonological) rather than higher level (here, semantic) processing.

Findings from other areas of autism research allow us to confirm and extend this interpretation. For example, individuals with autism perform better than comparison groups on several tasks relying on early processing of visual perceptual information. Performance in the embedded figures task (Joliffe & Baron-Cohen, 1997), visual search (Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998a) visual discrimination (Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen 1998b), movement perception, (Bertone, Mottron, Jelenic, Faubert, 1999), and copying of impossible figures (Mottron, Belleville & Ménard, 1999) are enhanced in high-functioning autism. Although superior performance in early, highly modular information processing was heretofore confined to the visual modality, it appears to apply to the auditory modality as well. Pitch perception has indeed proven to be enhanced, even in the absence of anomalies in the perception of global music properties (Mottron, Peretz, Ménard, submitted). Most of these domains of information, visual or auditory, are characterized in normal persons by a high level of modularity, according to Fodor's (1983) classic definition: their processing is domain specific, automatic, fast and encapsulated from higher cognitive processes. Therefore, as with pitch processing, it is possible that processing of phonological information by autistic individuals is superior to that of normal participants. This superiority might produce a modification in the relative efficiency of phonological vs. Semantic cues, even in the absence of a semantic deficit. The same explanation might be proposed to explain the fact that individuals with high-functioning pervasive developmental disorders do not use category information for recall (Bowler, Matthews & Gardiner, 1997). Indeed, they may favour phonologically based information. In support of this hypothesis, autistic persons with echolalia exhibit advanced processing of phonological information as compared to higher (e.g., semantic) forms of language processing. An echolalic child who is 2 years in developmental age can discriminate and reproduce sequences of consonants that are impossible to pronounce before 5 years in typically developing children (LM pers. Observation). The contribution of the Asperger group, which is clinically characterized by a very high level of vocabulary and of verbal reproduction skills, might be essential here.

Finally, the correlation between the severity of autism, as measured on the social and communication scales of the ADI-R and the benefit from the semantic cued recall suggests that the more that autistic features are present in these two domains, the more the atypical pattern of recall is shown. This strongly implies that this pattern is related in some way to behavioral characteristics of the pathology, although its specificity to autism needs to be established. Moreover, this is in line with Frith and Happé (1994) suggestion that social behavior and communication are strongly related, whereas restricted interests might relate to another mechanism.

Implications for rehabilitation

Our findings might have practical implications for justifying and refining some of the principles guiding rehabilitation in autism. According to the developers of the TEACCH method (Mesibov, 1997), individuals with pervasive developmental disorders are superior at processing visuo-spatial rather than linguistic material. According to the current findings, this relative superiority might not relate to a particular modality but rather to an orientation toward a shallow level of processing for visual as well as linguistic material. The efficiency of the visual schedule employed in the TEACCH method to prompt activities may result from the use of a superficial level of encoding and not to the visual nature of the schedule *per se*. Consequently, the same result might be obtained through the use of schedules transmitted through the auditory modality, as long as they are presented in a format that promotes lower-level encoding. This might be especially useful for children with autism who are visually impaired.

Acknowledgements

Funding for this project was provided by studentship awards from the NSERC, REPAR and FCAR to K. Morasse, two Chercheurs Boursiers du Fonds de la Recherche en Santé du Québec (FRSQ) award to L. Mottron and S. Belleville, a research award from the Medical Council of Canada (MRC) to L. Mottron and S. Belleville. Authors would like to thank Edith Ménard for her invaluable help with the testing. We will also like to thank the subjects for their participation in this project.

References

- Ameli, R., Courchesne, E., Lincoln, A., Kaufman A.S., & Grillon, C. (1988). Visual Memory Processes in High-Functioning Individuals with Autism. Journal of Autism and Developmental Disorders, 18(4), 601-615.
- Bachevalier, J. (1991). An animal model for childhood autism: Memory loss and socioemotional disturbances following neonatal damage to the limbic system in monkeys. In C.A. Tamminga, & S.C. Schultz (Eds.), Advances in Neuropsychiatry and Psychopharmacology, Vol 1 of Schizophrenia Research (pp.129-140). New York: Raven Press.
- Bachevalier, J. (1994). Medial temporal lobe structures and autism: A review of clinical and experimental findings. Neuropsychologia, 32(6), 627-648.
- Bachevalier, J. & Merjanian, P.M. (1994). The contribution of medial and temporal lobe structures in infantile autism: A neurobehavioral study in primates. In M.L. Bauman, & T.L. Kemper (Eds.), The Neurobiology of autism (pp.146-169). Baltimore: John Hopkins Press.
- Barth, C., Fein, D., Waterhouse, L. (1995). Delayed match-to-sample performance in autistic children. Developmental Neuropsychology, 11(1), 53-69.
- Baudot, J (1992). Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain. Montréal : Presse de l'Université de Montréal.
- Belleville, S., Chatelois, J., Fontaine, N., Lussier, I., Peretz, I. & Renaseau-Leclerc, C. (1992). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire, Côte-des-Neiges.
- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I. (in preparation). Levels of processing and strategic retrieval in normal aged adults.

- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I., & Fontaine, F. (1998). The equalization of baseline performance removes the effect of cueing and depth of processing in normal ageing. Abstracts of paper and poster presentations, 1998 Cognitive Aging Conference, 224.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., Casanova, C. & Faubert, J. (1999). High functioning autistic subjects with a preoccupation for rotating objects show an increased sensitivity to complex rotational motion patterns. Abstract for Society of Neuroscience 1999.
- Boucher, J. (1981a). Memory for recent events in autistic children. Journal of Autism and Developmental Disorders, 11(1), 293-301.
- Boucher, J. (1981b). Immediate free recall in early childhood autism: Another point of behavioural similarity with the amnesic syndrome. British Journal of Psychology, 72, 211-215.
- Boucher, J., Warrington, E. K. (1976). Memory deficits in early infantile autism: Some similarities to the amnesic syndrome. British Journal of Psychology, 67(1), 73-87.
- Bowler, D. M., Matthews N.J., & Gardiner, J. M. (1997). Asperger's syndrome and memory: Similarity to autism but not amnesia. Neuropsychologia, 35(1), 65-70.
- Burack, J., Iarocci, G., Bowler, D. & Mottron, L.(submitted). IQ and/or developmental age adds a confounding variable when interpreting difference or absence of difference. Journal of Child Psychology and Psychiatry.
- Cahill, L., Babinsky, R., Markowitsch, H.J., & McGaugh, J.L. (1995). The amygdala and emotional memory. Nature, 377(6547), 295-296.

- Chatelais, J., Pineau, H., Belleville, S., Peretz, I. (1992). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire inspirée de l'approche cognitive [A computerized memory test battery based on the cognitive approach]. Canadian Psychology, 34(1), 45-63.
- Ceci, Stephen J. (1980). A developmental study of multiple encoding and its relationship to age-related changes in free recall. Child Development, 51, 892-895.
- Ceci, Stephen J.; Howe, Michael J. A. (1978). Semantic knowledge as a determinant of developmental differences in recall. Journal of Experimental Child Psychology, 26, 230-245.
- Craik, F.I., & Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A frame work for memory research. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11(6), 671-684.
- Delong, G. R., Bean, S. C., & Brown III, F. R. (1981). Acquired reversible autistic syndrome in acute encephalopathic illness in children. Archives of Neurology, 38, 191-194.
- Delong, G.R. (1992). Autism, amnesia, hippocampus, and learning. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 16(1), 63-70.
- Fodor, J.A., (1983). Modularity of Mind, Cambridge, MIT press/Bradford books.
- Frith, U. (1989). Autism and "theory of mind". In C.Gillberg (Ed.), Diagnosis and Treatment of Autism (33-52). New-York: Plenum Press.
- Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond "theory of mind". Cognition, 50, 115-132.
- Gershberg, F.B., & Shimamura, A.P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. Neuropsychologia, 33(10), 1305-1333.

- Giroux, L. (1982). L'économie cognitive en mémoire sémantique. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- Heltzer, B.E., & Griffin, J.L. (1981). Infantile Autism and the temporal lobe of the brain. Journal of Autism and Developmental disorders, 9, 153-157.
- Hermelin, B. (1976). Coding and sense modalities. In L.Wing (Ed.), Early Childhood Autism, 2nd Edition. Oxford: Pergamon Press.
- Hermelin, B., & O'Connor, N. (1967). Remembering of words by psychotic and subnormal children. British Journal of Psychology, 58(3,4), 213-218.
- Hermelin, B. & O'Connor, N. (1970). Psychological Experiments with Autistic Children. Oxford: Pergamon Press.
- Hughes, C., Russell, J., & Robbins, T. W. (1994). Evidence for Executive Dysfunction in Autism. Neuropsychologia, 32(4), 477-492.
- Janowsky, J.S., Shimamura, A.P., Kritchevsky, M., & Squire, L.R. (1989). Cognitive impairment following frontal lobe damage and its relevance to human amnesia. Behavioral Neuroscience, 103, 548-560.
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R.B., & Markowitsch, H.J. (1986). A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. Cortex, 22, 229-242.
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the embedded figures test ? Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 38(5), 527-534.
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective content. Nervous Child, 2, 217-250.

- Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revisited: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24(5), 659-685.
- Mesibov, G. (1997). TEACCH-supported employment program. Journal of Autism and Developmental Disorders, 27(1), 3-9.
- Minshew, N., & Goldstein, G. (1993). Is autism an amnesic disorder? Evidence from the California Verbal Learning Test. Neuropsychology, 7(2), 209-216.
- Mishkin, M. (1978). Memory in monkeys severely impaired by combined but not separate removal of amygdala and hippocampus. Nature, 273, 297-298.
- Morasse, K., Belleville, S., & Mottron, L. (in preparation). The role of semantic and syllabic processing on word-list learning in normally developing children.
- Moskovitch, M. (1992a). A neuropsychological model of memory and consciousness. In L.R. Squire, & N. Butters (Eds.), Neuropsychology of Memory, Second Edition (5-22). New York: The Guilford Press.
- Moskovitch, M. (1992b). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central system. Journal of Cognitive Neuroscience, 4, 257-267.
- Mottron L, Belleville S, & Ménard E. (1999). Local bias in autistic subjects as evidenced by graphic tasks: perceptual hierarchization or working memory deficit. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40(5), 743-756.
- Mottron, L., Peretz, I., & Ménard, E. (submitted). Local and global processing of music in high-functioning persons with autism : Beyond central coherence? Cognition.

- Mottron L, Belleville S, & Stip E. (1996). Proper name hypermnesia in an autistic subject. Brain and Language, 53,326-350.
- Mottron L, Belleville S, Stip E. & Morasse K. (1998). Atypical memory performance in a autistic savant. Memory, 6(6),593-607.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37(1), 51-87.
- Plaisted, K., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998a). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism : a research note. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39(5), 777-783.
- Plaisted, K., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998b). Enhanced discrimination of novel, highly similar stimuli by adults with autism during a perceptual learning task. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39(5), 765-775.
- Rumsey, J.M. (1985). Conceptual problem-solving in highly verbal, nonretarded autistic men. Journal of Autism and Developmental Disorders, 15, 23-36.
- Rumsey, J. M., & Hamburger, S.D. (1988). Neuropsychological findings in high-functioning men with infantile autism, residual state. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 10(2), 201-221.
- Rumsey, J.M., & Hamburger, S.D. (1990). Neuropsychological divergence of high-level autism and severe dyslexia. Journal of Autism and Developmental Disorders, 20, 155-168.
- Stuss, D.T., & Benson, D.F. (1987). The frontal lobes and control of cognition and memory. In E.Perecman (Ed.), The Frontal Lobes Revisited (141-158). New-York: The irbn Press.

- Stuss, D.T., Alexander, M.P., Palumbo, C.L., Buckle, Leslie et al. (1994). Organizational strategies with unilateral or bilateral frontal lobe injury in word learning tasks. Neuropsychology, 8(3), 355-373.
- Tager-Flusberg, H. (1985a). Basic level and superordinate level categorization by autistic, mentally retarded, and normal children. Journal of Experimental Child Psychology, 40, 450-469.
- Tager-Flusberg, H. (1985b). The conceptual basis for referential word meaning in children with autism. Child Development, 56, 1157-1178.
- Tager-Flusberg, H. (1986). The semantic deficit hypothesis of autistic children's language. Australian Journal of Human Communication Disorders, 14(1), 51-58.
- Tager-Flusberg, H. (1991). Semantic processing in the free recall of autistic children: further evidence for a cognitive deficit. British Journal of Developmental Psychology, 9, 417-430.
- Tainturier, M.-J., Belleville, S. & Chatelois, J. (1988). Effets respectifs d'indices syllabiques et sémantiques sur l'encodage et la récupération de matériel verbal. Résumés des communications de la Société québécoise de recherche en psychologie, 12.
- Tulving, E. & Thompson, D.M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. Psychological Review, 80(5), 359-380.

Atypical Memory Performance in an Autistic Savant

Laurent Mottron^{1,2}; Sylvie Belleville^{3,4}; Emmanuel Stip^{2,5}
And Karine Morasse³

- 1 Service de recherche, Hôpital Rivière des Prairies, 7070 Blvd. Perras, Montréal, Canada.
- 2 Département de Psychiatrie, Université de Montréal, Montréal, Canada.
- 3 Département de Psychologie, Université de Montréal, Montréal, Canada.
- 4 Centre de recherche, Centre hospitalier Côte-des-Neiges, Montréal, Canada.
- 5 Centre de recherche Fernand Seguin, Centre Hospitalier Louis-H. Lafontaine, Montréal, Canada.

Correspondence address: Dr. Laurent Mottron, service de recherche, Hôpital Rivière des Prairies, 7070 Blvd. Perras, Montréal, Québec, Canada, H1E 1A4
E-mail : mottronl@istar.ca

Running head : ATYPICAL MEMORY IN AUTISM

Abstract

This study explored the mechanisms underlying the hypermnesia of an autistic savant (NM) through three experiments. The first two served to assess whether absence of interference was responsible for NM's exceptional list memory. The third investigated the type of cues used in recall. Results indicated absence of retroactive interference but presence of slight proactive interference in list recall of proper names. Normal interference effects were found, however, in list recall of common nouns. Exceptional performance was also demonstrated in a missing-name task involving spatial and verbal recall cues. The findings suggest that the outstanding episodic memory presented by some savant persons with autism might be related to an abnormally high resistance to interference.

Introduction

Persons with autism present with a characteristic cognitive profile marked by strengths in certain areas and gross weaknesses in others (Rumsey & Hamburger, 1988). This phenomenon is robust and stable across IQ and developmental levels (Tymchuck, Simmons, & Neafsey, 1977) and, consequently, may eventually be recognized as a pathognomonic symptom of this disorder (Frith & Happé, 1994). Besides their particular cognitive profile, another fascinating aspect of the cognitive atypicalities observed among persons with autism is the special abilities displayed by certain autistic individuals. These are defined as abilities in which performance levels far exceed expectations based on the person's IQ. Although the relationships between the cognitive profile typical of persons with autism and their special abilities are unknown, both represent better performance than their average, and neither involve social competences (Frith, 1997). Epidemiological studies have revealed that a substantial portion of the autistic population has special abilities (Hill, 1978). The figure of 10% was proposed by Rimland and Fein (1988), but this is probably an underestimation, given that previously isolated syndromes such as hyperlexia are now recognized as autistic special abilities (Aram & Healy, 1988; Patti & Lupinetti, 1993; O'Connor & Hermelin, 1994). The inclusion of Asperger's syndrome among the Pervasive Developmental Disorders in the DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994), too, has raised the profile of special abilities. These are common in persons affected with this syndrome (Szatmari, 1991; Tantam, 1991). The growing use of previously unrecognized high-functioning autistic persons in experimental and epidemiological studies (Wing, 1993) has had a similar effect. The specificity of special abilities to autism has become more obvious in the last few years. Whereas special abilities were once thought to be found equally in autism and mental deficiency (Hermelin & O'Connor, 1991), they are now considered, together with Wing's triad (Wing & Gould, 1979), to be one of the major symptoms of autism (Frith & Happé, 1994).

These special abilities have been the subject of curiosity as far back as two centuries before the seminal description of autism (Foerstl, 1989). Although accounts of these abilities remained entirely anecdotal for the longest time, they helped determine that the areas in which autistic persons demonstrate exceptional skills are actually few in number and generally restricted to music, the memorization of lists, three-dimensional drawing and mental calculation. These early descriptions, however, shed no light on the

cognitive basis for the phenomenon. Yet, certain recent findings and theoretical developments have made it clear that the heterogeneity of performance found in autism, both in terms of cognitive profile and special abilities, are not anecdotal and have to be accounted for by cognitive as well as by neurological models of autism (Shah & Frith, 1993; Frith & Happé, 1994; Mottron & Belleville, 1993, 1994, 1996; Joliffe & Baron-Cohen, in press ; Mottron, Mineau, Décarie Jambaqué, Labrègue, Pepin & Aroichane, in press 1997). The emergence of cognitive models of autism (Morton & Frith, 1994) has indeed spurred greater interest in these phenomena as a means of understanding the cognitive deficits typical of persons with autism. These models postulate that various neurobiological factors are responsible for the impairment of a restricted number of basic cognitive functions in autistic persons. As these functions are required for numerous and heterogeneous operations, their impairment causes an apparently unrelated set of symptoms. Hence, heterogeneity in intellectual capacities may stem from a dissociation between normal and abnormal cognitive functions. In this connection, recent cognitive models of autism have proposed anomalies in the structuring of visual and verbal information (Frith, 1989; Mottron & Belleville ; 1993; Frith & Happé, 1994), and deficits in executive functions (Pennington & Ozonoff, 1996).

While several studies have investigated special abilities in groups of autistic persons (Hermelin, O'Connor, & Lee, 1987; O'Connor & Hermelin 1984), others have opted instead for the model-based single-case methodology favored by cognitive neuropsychology (Mottron & Belleville, 1994). The use of this approach with autistic savants has made it possible, among other things, to detect perceptual abnormalities in the processing of the whole-part relationship in visual stimuli (Mottron & Belleville, 1993; 1995). The goal of this study was to use this approach to investigate how an autistic person with hypermnnesia achieves outstanding levels of performance. The participant, NM, shows an exceptional ability for memorizing proper names. We have shown in a previous study that his special ability was limited to proper names because they are devoid of semantic content (Mottron, Belleville, & Stip, 1996). However, this first study did not address directly how NM manages such a high level of memory proficiency. The matter, in our opinion, warranted further investigation.

The purpose of the present study was to examine particularities of NM's memorization that might explain his hypermnnesia. The strategy adopted was to assess two aspects underlying memory successes and failures in normal subjects. The first, interference, has long been an important concept in memory research (for review see

Baddeley, 1990; Dempster & Brainerd, 1995) and is generally considered a major determinant in forgetting. We hypothesized that NM's hypermnnesia related to an absence of interference. This was assessed through Experiments 1 and 2. A second mechanism involved in retention is encoding specificity (Tulving & Thomson, 1973). When material is encoded in relation to a particular context, presentation of the context at recall enhances performance. NM's remarkable memory might result from the use of cues irrelevant to normal subjects. We examined this aspect in Experiment 3 by manipulating verbal and spatial cues present at the recall stage.

Clinical history of the patient

NM was 36 years old at the time of testing. He is a right-handed, unilingual French-speaking Canadian. Apart from an abdominal trauma suffered by the mother during pregnancy, his prenatal history and delivery were normal. Signs of autism, including language deficits, social withdrawal, echolalia and the serial disposition of objects, surfaced during development. This autistic syndrome was later accompanied by several special abilities in musical memory, jigsaw puzzles, calendar calculation, mental computation and proper-name recall. NM memorizes telephone directories and obituaries in the newspapers he collects. He also regularly visits the local cemetery, where he has memorized the names and date of death of most of the persons buried there, and copies lists of apparently unrelated names. NM manifests his special ability in normal life by being able to give the name and date of birth of every person he has met. This is done in a ritualized format starting with the last name, as is the case in directories. At the time of testing, NM lead a relatively autonomous existence in a small house near his parent's. Nonetheless, his symptomatology was severe and dominated by stereotyped hand gestures, echolalia, echopraxia, tiptoe walking, ritualistic behavior, head banging, "sameness" reactions when interrupted and a special interest in proper names. NM met 13 of the 16 criteria for autism under the DSM-III-R (American Psychiatric Association, 1987), which is well above the minimum required for a positive diagnosis. A standard neurobiological examination, including CT-scan, proved unremarkable. At age 35, NM's verbal IQ was estimated at about 65 on the basis of the information (scaled score = 5) and digit span (scaled score = 6) subtests of the WAIS-R; his memory quotient was found to be 72 on the Wechsler-Memory Scale. His memory was more formally assessed in a previous study (Motttron et al., 1996) and proved much better than that of IQ-matched controls but only when using proper names. Recall was

better for proper names than for common names even when the latter were presented as names of people. Low recall in face-name learning procedures suggests that NM's exceptional recall ability is restricted to list-learning tasks. A more detailed clinical account of NM, including neuropsychological assessment, history of special abilities, and biological and psychiatric explorations, can be found elsewhere (Motttron et al., 1996).

Control subjects

The performance of NM in the three experiments was compared to that of a group of eight non-autistic men matched for IQ (mean IQ: 72; range = 63-83). Their mean age was 29 years (range = 16-43) and their average level of education was 9.25 years (range = 8-11). In addition, a group of eight participants with average IQ (mean IQ: 72 ; range = 63-83) were tested for purposes of comparison with the literature on typical participants. Their mean age was 26.8 years (range = 22-40) and their average level of education was 15.6 years (range = 12-19).

Experiment 1: Interference effect on proper-name learning

Experiment 1 explored the effects of interference in memorizing proper names. Interference tasks typically involve subjects learning and recalling a List A, then learning and recalling a List B, and then recalling List A again. Proactive interference refers to the detrimental effect of A on the recall of B. Retroactive interference refers to the detrimental effect of B on the recall of A (McGeoch & McDonald, 1931; Slamecka, 1960).

Method

Material

Two different sets of lists were constructed to measure interference. Each set comprised two lists of 15 proper names. One served as List A and the other as List B (i.e., interfering material). For the first set (A1, B1), items were taken randomly from lists of proper names copied by NM and found in his house. This ensured that the items were familiar to the subject and thus would optimize recall performance. For the second set (A2, B2), family names were selected according to frequency of usage (average

number of occurrences in the Montreal telephone directory = 701 and 666, $t(14) = 0.469$, n.s.) in order to allow a more direct comparison with the performance of control subjects. This is an important factor as we have already demonstrated that, like normal subjects, NM is sensitive to frequency in proper-name recall (Mottron et al., 1996; Segui, Mehler, Frauenfelder, & Morton, 1982). Names extremely frequent in the French-Canadian population were excluded to avoid success by guessing. In both sets (1 and 2), the items in the two lists (A vs B) were matched for frequency, length, frequency of letter in the initial position, ambiguity (items that could also be a common name, e.g., Baker) and ethnic origin (French vs. English).

Procedure.

Items were printed on paper in uppercase letters. Participants were asked to read them aloud and memorize them. List A was learned first. After a 30-second verbal interference activity, participants were asked to recall items from the list aloud. Immediately after, List B was learned in the same way. After completing their recall of List B, participants were required to recall as many items as possible from the first list (A'). After a minimum one-week interval, the procedure was repeated with the other set of lists.

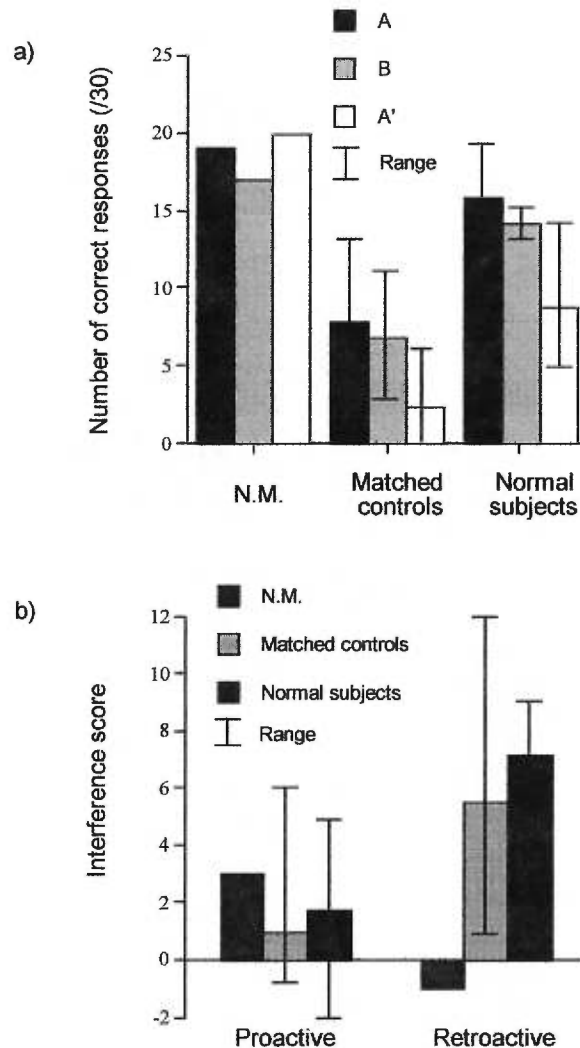
Results.

Given that the two sets of lists differed according to item characteristics, preliminary analyses were performed to determine whether sets had an effect on outcome. Results of an analysis of variance (ANOVA) revealed neither a set nor a set-by-list effect in any of the control groups. Furthermore, no difference was observed between the two sets in NM's results when using separate chi-square analyses. Consequently, the data from the two sets were pooled for subsequent analyses.

Figure 1a shows the number of words correctly recalled by NM and by the two control groups. Normal subjects were clearly affected by proactive interference as evidenced by their diminished recall performance with B compared with A. They also suffered the effects of retroactive interference, given the reduced recall of A' compared with A. This was substantiated by a one-way ANOVA which showed a significant list effect ($F(2,14) = 48.127$, $p < .0001$). Recall of A was significantly higher than recall of both B (t-test, 2-tailed; $p < .05$) and A' ($p < .01$). A similar pattern of performance was observed in matched controls, whose recall performance with A' and B was lower

compared with A. The ANOVA revealed a significant list effect ($F(2,14) = 15.021, p < .001$) attributable to the fact that recall of A was significantly higher than that of A' (t-test, 2-tailed; $p < .01$). The effect did not reach significance, however, when A and B were compared.

Figure 1: Performance levels with proper names for NM, matched controls and normal subjects. a) Number of items recalled from A, B and A'. b) Proactive and retroactive interference scores (0 indicates no interference). Performance range of matched controls and normal subjects indicated by bars.



Analysis of NM's data underscores, first and foremost, a remarkable hypermnnesia. NM's scores for correct recall are unquestionably higher than those of

matched controls, and his performance level generally surpasses that of normal subjects. Figure 1a suggests that NM was subject to proactive interference, as recall performance with B was lower than with A. There was no retroactive interference, however, as the second recall of A (i.e., A') was even better than the first (A).

Individual interference scores were computed in order to compare the effect of interference on NM and the two control groups (see Figure 1b). The proactive score represented the difference in recall between A and B (A minus B). The retroactive score was the difference in recall between A and A' (A minus A'). It indicated that retroactive interference was more detrimental to recall than was proactive interference in the two control groups ($t(7) = -4.277$, $p < .01$ in matched controls and $t(7) = -5.381$, $p = .001$ in normal subjects). The opposite was true for NM, with proactive interference bearing more heavily than retroactive interference. Furthermore, while proactive interference fell within the normal range, retroactive interference was markedly lower in NM than in any of the controls.

Experiment 2: interference effect on common-name learning

The purpose of this experiment was to determine whether NM's hypermnnesia was specific to proper names. We thus examined the effects of proactive and retroactive interference on the memorization of common nouns.

Method

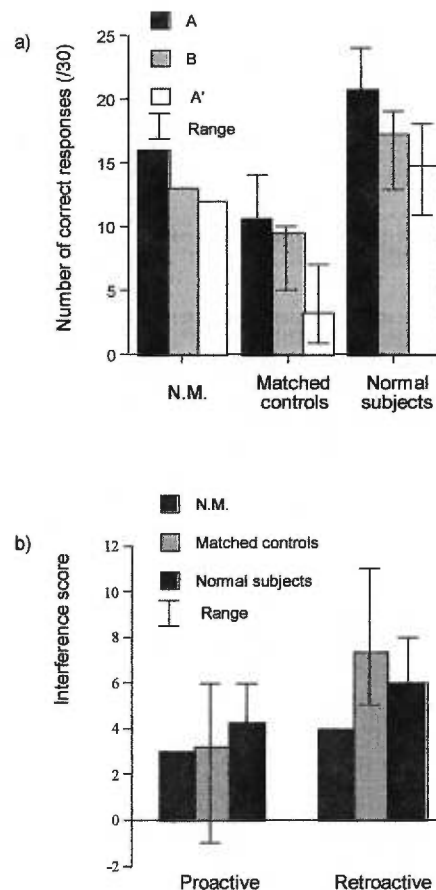
Material.

Two sets (1 and 2) of two lists (A and B) of 15 common nouns were used. The items were frequent (Baudot, 1992), imageable substantives. Lists A and B were matched for frequency ($x = 77.5$ for A1 and 74 for B1, $t(14) = 0.323$, n.s.; $x = 79.4$ for A2 and 62.4 for B2, $t(14) = 1.197$, n.s.), length, frequency of letter in the initial position of a word, and membership category. The procedure was the same as in Experiment 1.

Results.

Figure 2a indicates the presence of both proactive and retroactive interference in normal subjects. An ANOVA yielded a significant list effect ($F(2,14) = 56.123, p < .0001$) attributable to a better recall of A than of both B and A' (t-test, 2-tailed; $p < .01$ in both cases). Matched controls also showed the effects of proactive and retroactive interference. Here, too, a significant list effect was found ($F(2,14) = 43.202, p < .0001$), explained by the better recall of A over A' and B (t-test, 2-tailed; $p < .01$ in both cases). NM's performance suggests both proactive and retroactive interference, as performance was diminished with both B and A' compared with A. Moreover, NM's recall scores for common names was just above the range for matched controls.

Figure 2: Performance levels with common names for NM, matched controls and normal subjects. a) Number of items recalled from A, B and A'. b) Proactive and retroactive interference scores (0 indicates no interference). Performance range of matched controls and normal subjects indicated by bars.



Proactive and retroactive interference scores were computed for each subject using the same procedure as in Experiment 1 (Figure 2b). Retroactive interference was

larger than proactive interference for both matched controls ($t(7) = -5.227$, $p < .01$) and normal subjects ($t(7) = -2.824$, $p < .05$). NM, instead, showed a somewhat larger proactive than retroactive interference effect. While his proactive score fell within the range obtained by matched controls, his retroactive score fell below the range for matched controls but within that for normal subjects.

Experiment 3: matrix learning

This experiment was devised to compare the effectiveness of different encoding strategies. It consisted of an encoding stage where subjects were asked to memorize matrices of nine proper names in various encoding contexts, and a recall stage where different types of recall cues indicated a name to be recalled. If a particular context was used at encoding, its suppression at recall was expected to produce a decline in performance. Three different contexts were considered: spatial, verbal and spatial-verbal. The spatial context referred to the position of the item in the matrix. The verbal context referred to associations between names regardless of their relative position in the matrix. The spatial-verbal context referred to combined spatial and verbal relations, such as the name "Stip" being encoded as "right of Mottron" or "left of Belleville".

Method

Material

Twenty-seven lists (nine per condition) were constructed, each containing nine proper names of intermediate frequency (from 50 to 1000 occurrences in the telephone directory). At encoding, each list was organized as a 3x3 matrix formed by a grid in which the nine names were randomly arranged. Three different types of stimuli were constructed for the recall stage. In the "spatial cue" condition, the stimulus consisted of an empty grid similar to that used at encoding. Extra thick borders were added to the matrix cell of the name to be recalled. It was assumed that this condition would eliminate both the verbal and the combined spatial-verbal cues while maintaining the spatial. In the "verbal cue" condition, the names were presented in a single column with the name to be recalled omitted. The order of the names in the column was such that items adjacent in the matrix at encoding were not neighbors at recall. This condition was intended to suppress the spatial and combined contexts while maintaining the verbal. Finally, in the "spatial-verbal cue" condition, the matrix was presented again

with the original cell of the word to be recalled left empty. The positions of the remaining items were scrambled. This condition was designed to prevent subjects from using spatial and verbal cues in combination, while allowing them to rely on purely spatial or verbal cues.

We hypothesized that if subjects rely on spatial cues for recall, then suppressing these cues would result in poor recall performance (verbal cue condition) and vice versa (other two conditions). Similarly, if subjects rely primarily on verbal cues for recall, then they would perform better in the verbal and spatial-verbal cue conditions than in the spatial cue condition. Finally, if subjects rely on the combined spatial-verbal context for recall, then their performance would be especially poor when the relation between spatial cues and contextual names is scrambled (i.e, in the spatial-verbal cue condition).

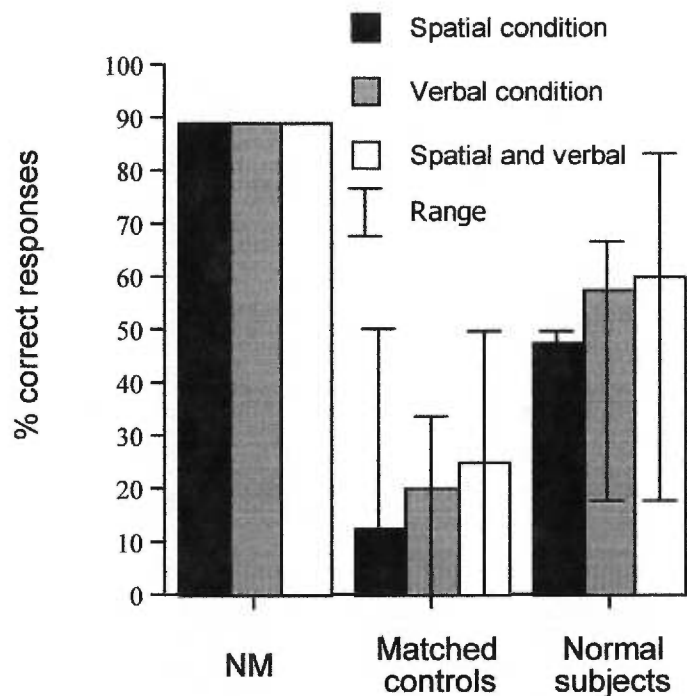
Procedure.

Matrices were presented visually. At the encoding stage, subjects were asked to read aloud the nine names composing the matrix and to memorize them. Then, subjects were immediately shown one of the three cue conditions and asked to recall the item in question. Recall conditions were randomized after a pretest showed that NM was not disturbed by their alternation. This ensured that subjects would not favor a particular encoding strategy by anticipating the recall condition. The lists were presented in three blocks of nine random matrices. Each block was separated by an unrelated task.

Results.

Matched controls found the task extremely difficult and frustrating. It became obvious that matched controls would not sustain the necessary attention and motivation for the task if the same number of lists was used as with NM. For this reason, the number of lists was reduced to 18 (6 trials per condition) for matched controls and normal subjects. Consequently, the correct-response percentage was used as a dependent variable in the analysis.

Figure 3. Correct response percentage on proper-name matrices for NM, matched controls and normal subjects in three recall conditions. Performance range of matched controls and normal subjects indicated by bars



Normal subjects showed no significant differences across the three recall conditions, although the spatial-verbal cue condition appeared to yield slightly higher recall levels (see Figure 3). A one-way ANOVA carried out with "condition" (verbal, spatial, spatial-verbal) as the within-subject factor revealed no condition effect ($F(2, 14) = 0.786$, n.s.). Matched controls showed a similar pattern of results with no condition effect ($F(2, 14) = 2.510$, n.s.). In performing this task, NM read out the names in alphabetical order despite the fact they were not so arranged. He answered quickly and demonstrated excellent recall in the three conditions. Not only was NM's performance level far above the range for matched controls, it surpassed that of all normal subjects.

Discussion

The three experiments described here to explore the possible mechanisms underlying the hypermnnesia of an autistic person produced some interesting findings. First, unlike normal subjects and matched controls, NM demonstrated an absence of retroactive interference in learning lists of proper names. Furthermore, he was

somewhat less susceptible to proactive interference than matched controls. Given that interference is an important contributing factor in forgetting, NM's resistance to proactive and particularly retroactive interference could explain his exceptional list recall performances. This is supported by the fact that the absence of interference is restricted to learning proper names. Interference had much the same effect on NM as on matched controls when common names were used. Indeed, NM's memory for common names is nowhere as impressive as for proper names.

Memory research with normal subjects has shown that interference depends on two major variables: the mnemonic strength of the interfering material (Slamecka, 1960) and the similarity between the interfering and the learned material (McGeoch & McDonald, 1931). It does not depend on the strength of the initial material (Slamecka, 1960). NM's absence of interference cannot be imputed to insufficiently strong interfering material as NM showed an excellent recall of List B. Moreover, it cannot stem from the level of similarity between the lists. Categorical similarity has been shown to be particularly interfering for normal subjects when they are asked to memorize lists of verbal items. For example, normal subjects demonstrate proactive interference when two lists of items belong to the same taxonomic category (e.g., animals), because semantic information is used at encoding (Wickens, 1970; Craik & Birtwistle, 1971). Here, NM showed no interference even though the two lists of words belonged to the same category of proper names. It is possible, though, that proper names possess distinctive features that are more relevant to NM than to normal controls. This would make the two lists of names more dissimilar and thus less susceptible to interference for NM. Although possible, we don't think that this explanation is sufficient to explain NM's absence of interference, given that even lists of unrelated words create interference in normal subjects.

Another factor influencing the amount of interference is the ability to select relevant answers and inhibit irrelevant ones (Dempster & Brainerd, 1995). This aptitude is selectively impaired in frontal-injured subjects, which would explain their increased susceptibility to interference (for example, Shimamura, Jurica, Mangels, Gershberg, & Knight, 1995; Van der Linden, Bruyer, Rolland, & Schils, 1993). The present findings suggest that NM, a person with autism with a special ability, presents normal inhibition capacities. His ability to inhibit irrelevant information appears even better than average in his domain of special ability. This exceptional performance could be explained in terms of impairments in executive functions that are only partial. In a recent review of

the literature, Pennington and Ozonoff (1996) concluded that cognitive flexibility was impaired in autism but not inhibition. Recently, Ozonoff & Strayer (1997) have shown normal negative priming, a task suggested to measure inhibition in autism. This is congruent with the present data which suggest that the inhibition mechanisms involved in the selection of information from long-term memory are spared in NM. However, our results are not consistent with the hypothesis suggesting the presence of medial temporal lesions in autistic persons, as these lesions usually lead to severe amnesic symptoms. NM's recall performance was clearly unlike that of an amnesic subject, be it with proper or common names. Other studies have come to the same conclusion, i.e. normal episodic memory in autism (Morasse, Mottron & Belleville, in preparation).

In Experiment 3, NM demonstrated a very high level of performance in recalling a proper name missing from a list, regardless of the cue given at the recall stage. The experiment thus failed to identify the type of cues NM uses in memorization. NM's performance was compatible with the use of all three proposed cues, as he was not affected by their respective removal. Of course there is also the possibility that he relied on a completely different type of cue not manipulated in the experiment. Nevertheless, the results from this experiment may shed some light on why NM obtains such brilliant performances. NM perhaps memorizes a list as a whole or a single unit. NM's processing of these list-units may correspond to that of word-units or object-units by normal subjects. Consequently, it would be as easy for NM to retrieve parts (names) of this whole (list) as it is for normal subjects to identify the missing part of an incomplete object. This could also explain why he shows so little interference. Indeed, interference effects are usually not observed within units, but across them. For example, subjects would not interchange the letters of two words in a list, only entire words across lists. Thus, if each list is processed as a single unit, one is much less likely to run interference on the other.

One point should be made here about the possible impact of lack of interference in NM. Although absence of interference is probably very helpful for NM to memorize lists of items, it is likely to have detrimental effects, or reflect anomalies having such effects, on other aspects of cognition. First, as mentioned earlier, interference probably reflects the fact that the cognitive systems are organized along dimensions shared by numerous items which would result in a categorical structure. On the other hand, forgetting, to which interference is a contributor, is probably essential to the creation of categories and prototypes. Even though the causal direction remains to

be clarified, lack of interference in NM may be connected to anomalous concept formation.

The results reported here may also be relevant to developmental neuropsychology. Pathologies occurring early in the development, as is the case with autism, may result in substantial neuronal reorganization. This reorganization is likely to impact on the architecture of cognitive functioning. Yet, it is possible that the special abilities exhibited by autistic persons result from such reorganization. The performance pattern exhibited by NM may be an example of such a phenomenon. We have shown here that his exceptional performances is obtained through abnormal processes. His memory is not only more efficient quantitatively than that of normal subjects, it is also different qualitatively, as evidenced by the absence of interference. It remains to be demonstrated, however, whether and how all this may be generalized to apply to the autistic population as a whole, with or without special abilities. It would also be important to understand how the memory phenomena described here relate to the symptoms that characterize the autistic disorder.

References

- American Psychiatric Association. (1987). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (3rd ed., revised). Washington, DC: Author.
- American Psychiatric Association. (1994). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed.). Washington, DC: Author.
- Aram, D.M., & Healy, J.M. (1988). Hyperlexia: A review of extraordinary word recognition. In L.K. Obler & D. Fein (Eds.), The Exceptional brain: Neuropsychology of talent and special abilities (pp. 70-102). New York: The Guilford Press.
- Baddeley, A. (1990). Human Memory. Boston: Allyn & Bacon.
- Baudot, J. (1992). Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain. Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Craik, F.I.M., & Birtwistle, J. (1971) Proactive inhibition in free recall. Journal of Experimental Psychology, 91, 120-123.
- Dempster, F.N., & Brainerd, C.J. (1995). Interference and Inhibition. San Diego: Academic Press.
- Foerstl, J. (1989). Early interest in the idiot-savant. American Journal of Psychiatry, 146, p. 566.
- Frith, U. (1989). Autism: explaining the enigma. Oxford: Basil Blackwell.
- Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond "theory of mind". Cognition, 50, 115-132.
- Frith, U., & Hermelin, B. (1969). The role of visual and motor cues for normal, subnormal and autistic children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 10, 153-163.
- Frith, U. (1997). The neurocognitive basis for autism. Trends in Cognitive Science, 1, 73-77
- Hermelin, B., & O'Connor N. (1991). Talents and preoccupations in idiot-savants. Psychological Medicine, 21, 959-964.
- Hermelin, B., & O'Connor N, & Lee, S. (1987) Musical inventiveness of five idiot-savants. Psychological Medicine, 17, 695-694.
- Hill, A.L. (1978). Savants: Mentally retarded individuals with special skills. In N.R. Ellis (Ed.), International review of research in mental retardation (pp.277-298). New York: Academic Press.

- Joliffe, T. & Baron-Cohen, S. (in press). Are people with Autism and Asperger Syndrome faster than normal on the embedded figures test ? Journal of Child Psychology and Psychiatry.
- McGeoch, J.A. & McDonald, W.T. (1931). Meaningful relation and retroactive inhibition. American Journal of Psychology, 43, 579-588.
- Morasse, K., Mottron, L., & Belleville, S. (in preparation). Semantic memory deficit in autism.
- Morton, J., & Frith, U. (1994). Causal modeling: A structural approach to developmental psychopathology. In D. Cicchetti & D. J. Cohen (eds.), Manual of Developmental Psychopathology (Vol.1,Ch.13). New York: John Wiley.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1993). A Study of perceptual analysis in high level autistic subject with exceptional graphic abilities. Brain and Cognition, 23, 279-309.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1994). L'apport de la neuropsychologie cognitive à l'étude de l'autisme. Journal of Psychiatry and Neurosciences, 19, 95-102.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1995). Perspective production in a savant autistic draughtsman. Psychological Medicine, 25, 639-648.
- Mottron, L., Belleville, S., & Stip, E. (1996). Proper name hypermnesia in an autistic subject. Brain and Language, 53, 326-350.
- Mottron, L., Mineau, S., Décarie, J.C., Jambaqué, I., Labreque, R., Pépin, J.P., Aroichane, M.(in Press 1997) : Visual agnosia with bilateral temporo-occipital lesion in a child with autistic disorder : a case study. Developmental Medicine and Child Neurology.
- O'Connor, N. & Hermelin, B. (1984). Idiot-savant calandrical calculators : Maths or Memory ? Psychological Medicine, 14, 801-806.
- O'Connor, N., & Hermelin, B., (1994). Two autistic savant readers. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24, 501-515.
- Ozonoff, S., Pennington, B.F. & Rogers, S.J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 32, 1081-1105.
- Ozonoff, S., & Strayer, D.L. (1997). Inhibitory function in nonretarded children with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders, 27
- Pennington, B.F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37, 51-87.

- Patti, P.J., & Lupinetti, L. (1993). Brief report: Implication of hyperlexia in an autistic savant. Journal of Autism and Developmental Disorders, *23*, 397-405.
- Rimland, B., & Fein, D. (1988). Special talents of autistic savants. In L.K. Opler, D. Fein (Eds.), The Exceptional Brain: Neuropsychology of Talent and Special Abilities (pp. 474-492). New York: The Guilford Press.
- Rumsey, J.M., & Hamburger, S.D. (1988). Neuropsychological findings in high-functioning men with infantile autism, residual state. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, *10*, 201-221.
- Segui, J., Mehler, J., Frauenfelder, J.H., & Morton, J. (1982) The word frequency effect and lexical access. Neuropsychologia, *20*, 615-627.
- Shah, A., & Frith, U. (1993). Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? Journal of Child Psychology and Psychiatry, *34*, 1351-1364.
- Shimamura, A.P., Jurica, P.J., Mangels, J.A. Gershberg, F.B., & Knight, R.T. (1995). Susceptibility to memory interference effects following frontal lobe damage: findings from tests of paired-associate learning. Journal of Cognitive Neuroscience, *7*, 144-152.
- Slamecka, N.J. (1960). Retroactive inhibition of connected discourse as a function of practice level. Journal of Experimental Psychology, *59*, 104-108.
- Szatmari, P. (1991). Asperger's syndrome: Diagnosis, treatment, and outcome. Psychiatric Clinics of North America, *14*, 81-93.
- Tantam, D.J.H. (1991). Asperger's syndrome in adulthood. In U. Frith (Ed.), Autism and Asperger syndrome, (pp. 147-183). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tulving, E., & Thomson, D.M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. Psychological Review, *80*, 1-52.
- Tymchuck, A.J., Simmons, J.Q., & Neafsey, S. (1977). Intellectual characteristics of adolescent childhood psychotics with high verbal ability. Journal of Mental Deficiency Research, *21*, 133-138.
- Van der Linden, M., Bruyer, R., Rolland, J., & Schils, S.P. (1993). Proactive interference in patients with amnesia resulting from anterior communicating artery aneurysm. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, *15*, 525-536.
- Waterhouse, L., Fein, D., & Modahl, C. (1996). Neurofunctional mechanisms in autism. Psychological Review, *103*, 457-489.

- Wickens, D.D. (1970) Encoding categories of words: an empirical approach to meaning. Psychological Review, 77, 1-15.
- Wing, L., & Gould, J. (1979). Severe impairment of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification. Journal of Autism and Childhood Schizophrenia, 9, 11-29.
- Wing, L. (1993). The definition and prevalence of Autism: A review. European Child and Adolescent Psychiatry, 2, 61-74.

Acknowledgments

This work was supported by a grant from the FRSQ-CQRS to the first and second authors, by special funding from the Hôpital de Malartic to the first, second and third authors. All authors are supported by the Fond de la recherche en Santé du Québec. The authors are grateful to Michèle McKerral, France Ginchereau and Edith Menard for their testing and research assistance. They would also like to thank Beth Randolph and Paul Di Biase for editing the English text.

Chapitre III: Discussion générale

1. Résumé des objectifs et des résultats

Les objectifs principaux de cette thèse étaient de contribuer à une meilleure compréhension du fonctionnement de la mémoire dans l'autisme et dans le développement normal. C'est dans ce but que les processus d'encodage et de récupération de l'information ont été plus particulièrement étudiés. Dans la discussion générale de la thèse, un bref résumé des résultats obtenus lors des différentes études sera d'abord présenté. Par la suite, il sera question du développement normal de la mémoire, puis du fonctionnement de la mémoire chez les individus atteints d'autisme avec ou sans capacités spéciales. Le caractère développemental de l'autisme sera ensuite discuté en relation avec les résultats des enfants normaux. Finalement, la pertinence clinique des outils utilisés sera abordée et des pistes de recherches futures seront proposées.

Dans le premier article, deux études nous renseignent sur le développement normal des processus d'encodage et de récupération de l'information en mémoire. Des listes de mots sont présentées à des enfants et à des adolescents dans différentes conditions d'encodage et de récupération. De façon générale, les résultats des deux études confirment nos hypothèses en montrant une augmentation graduelle de la performance mnésique entre la première année du primaire et l'adolescence. Dans la première étude, les enfants de première année montrent des résultats plus faibles en rappel libre et bénéficient moins des procédures d'encodage et de récupération sémantiques que les enfants de quatrième année et de cinquième secondaire. De plus, la procédure d'encodage syllabique nuit au rappel des enfants de première année et n'améliore pas celui des enfants plus âgés. Les indices syllabiques lors du rappel améliorent peu la performance pour tous les enfants. Par ailleurs, un effet de l'ordre de présentation des conditions chez les enfants de première année suggère que la tâche utilisée est peut-être trop difficile pour les enfants les plus jeunes.

La deuxième étude utilise une version modifiée de la même épreuve. Le nombre de mots à mémoriser est diminué et des mots mieux adaptés au vocabulaire des enfants de première année du primaire sont utilisés. L'effet de l'ordre de

présentation des conditions disparaît, ce qui supporte l'hypothèse selon laquelle cet effet reflétait le degré de difficulté de la première version de la tâche pour les enfants les plus jeunes. Dans cette deuxième étude, le rappel libre sans orientation ni indiçage montre une augmentation rapide autour de la 2^e année du primaire, puis une augmentation graduelle. Le fait d'orienter l'apprentissage vers les propriétés sémantiques ou syllabiques des mots ne modifie pas ce patron de résultats: le rappel libre des enfants de première année demeure plus bas que celui des enfants de quatrième à sixième année dans les deux conditions d'orientation. Les performances des enfants de deuxième et troisième année se situent quant à elles à un niveau intermédiaire. Par ailleurs, les indices de récupération sémantiques améliorent le rappel des enfants les plus jeunes au point qu'il atteint le niveau des enfants plus âgés. Le rappel total sémantique ne diffère donc pas significativement entre les groupes et s'avère meilleur que le niveau de base pour tous les enfants. Les effets de l'orientation et de l'indiçage syllabiques sont similaires à ceux retrouvés dans la première étude. L'encodage syllabique n'améliore pas le rappel libre des enfants. Il nuit même au rappel des enfants de première et deuxième année. De plus, pour ces mêmes enfants, les indices de récupération syllabiques n'amènent le rappel total de la condition syllabique que sur le plan du rappel libre de la condition sans orientation. Par ailleurs, le rappel total syllabique des enfants de la quatrième à la sixième année est meilleur que le niveau de base, mais demeure moins bon que le rappel total sémantique.

Les deux études suivantes s'intéressent à la mémoire de listes de mots chez des individus atteints d'autisme. Le deuxième article utilise une épreuve de mémoire de listes dont on a fait varier les conditions d'encodage (syllabique vs sémantique) et de récupération (rappel libre vs indiçé) similaire à ce qui a été utilisé précédemment avec des enfants normaux. Cette épreuve a été administrée à un groupe d'individus atteints d'autisme et à leurs contrôles appariés. Les résultats montrent que l'orientation sémantique entraîne un meilleur rappel libre que l'orientation syllabique ou que l'absence d'orientation, et ce chez les participants atteints d'autisme comme chez leurs contrôles. Les indices de récupération entraînent par ailleurs des effets différents dans les deux groupes. Alors que les indices sémantiques s'avèrent plus efficaces que les indices syllabiques pour les participants du groupe contrôle, les deux types d'indices améliorent le rappel de la même façon pour les participants atteints d'autisme. L'indice sémantique n'amène donc pas de bénéfice particulier chez les personnes avec autisme contrairement à ce qui est observé chez les personnes contrôles.

Le dernier article visait à étudier les processus de mémoire chez un individu atteint d'autisme et présentant une mémoire exceptionnelle pour les noms propres (N. M.). Les résultats montrent que, dans une tâche d'identification d'un nom propre manquant à une liste mémorisée, la performance de N. M. est largement supérieure à celle des contrôles, et ce, peu importe que les indices de récupération soient spatiaux ou verbaux. Les résultats montrent aussi que N. M. n'est pas sensible à l'interférence rétroactive et moins sensible à l'interférence proactive que les deux groupes de sujets contrôles lors de la mémorisation de listes de noms propres, mais qu'il n'est pas différent des contrôles lorsqu'on lui demande de mémoriser des noms communs.

2. Le développement normal de la mémoire

Les résultats des deux études sur le développement normal de la mémoire nous donnent des informations sur plusieurs éléments de la mémoire épisodique. Ils nous renseignent notamment sur l'efficacité générale des processus de mémorisation des enfants et nous aident à mieux comprendre les mécanismes d'encodage et de récupération de l'information en mémoire. Finalement, ils nous permettent de vérifier dans quelle mesure le principe de la profondeur de l'encodage, largement reconnu chez l'adulte, s'applique aussi aux enfants.

2.1 Efficacité générale de la mémoire épisodique

On note, tel que prévu, une augmentation significative des performances des enfants en fonction de l'âge entre la première année du primaire et la fin des études secondaires, et ce, dans toutes les conditions expérimentales. Ces résultats vont dans le même sens que la plupart des recherches sur le développement de la mémoire épisodique effectuées avec différents types d'information à mémoriser (voir Gathercole, 1998). Par ailleurs, les résultats de la seconde étude montrent que cette amélioration connaît une poussée aux alentours de la deuxième année du primaire.

2.2 Processus d'encodage et de récupération de l'information

Une des hypothèses de cette thèse était basée sur le postulat que les jeunes enfants ont du mal à encoder spontanément l'information de façon efficace. Si tel était

le cas, les enfants les plus jeunes des présentes études auraient dû bénéficier davantage que les plus âgés des procédures d'orientation sémantique visant à favoriser un meilleur encodage. Or, ce phénomène ne se retrouve dans aucune des deux études avec des enfants normaux. Dans la première étude, les enfants de première année ne bénéficient pas du tout de l'orientation sémantique, contrairement aux enfants de quatrième année, qui eux n'en bénéficient pas plus que les enfants de cinquième secondaire. Dans la seconde étude, tous les enfants bénéficient de la procédure d'orientation sémantique, mais dans la même proportion. Bien qu'il soit difficile d'éliminer complètement l'hypothèse de l'amélioration des processus d'encodage avec l'âge, il appert que ce n'est pas le facteur principal dans l'amélioration du rappel épisodique. Cela va dans le même sens que les résultats obtenus par d'autres auteurs ayant étudié le rappel libre en comparaison avec le rappel indicé (Ackerman, 1988a et b; Brainerd *et al.*, 1984). Ces auteurs ont conclu que les processus d'encodage s'amélioraient moins que les processus de récupération de l'information.

Un autre facteur postulé comme responsable probable de l'amélioration du rappel épisodique avec l'âge était l'amélioration des processus de récupération de l'information en mémoire. Une des hypothèses de cette thèse était par conséquent que les jeunes enfants bénéficieraient davantage des indices de récupération que les enfants plus âgés. Dans la première étude, les enfants de première année ne bénéficient pas davantage des indices de récupération que les enfants plus âgés, mais les enfants de quatrième année en ont bénéficié plus que les adolescents de cinquième secondaire. Dans la deuxième étude cependant, les modifications de la tâche ont permis aux enfants de première année de bénéficier davantage des indices de récupération sémantiques. Il semble que dans le premier cas, le niveau de difficulté de la tâche n'ait pas permis aux jeunes enfants d'encoder suffisamment d'information pour pouvoir profiter pleinement des indices de récupération. Dans la seconde étude, l'encodage ayant été effectué plus efficacement, les indices de récupération sémantiques permettent aux enfants de première année d'atteindre le même niveau de rappel total que les enfants plus âgés. Il appert donc que, lorsqu'on se substitue aux processus de récupération des enfants en leur donnant des indices lors du rappel indicé, les différences liées à l'âge sont éliminées (à l'exception des enfants de première année de la première étude). La difficulté de récupérer efficacement l'information en mémoire apparaît par conséquent ici comme un facteur important dans le fait que les jeunes enfants rappellent moins de mots que les enfants plus âgés en rappel libre. Il faut

souligner toutefois que la présence d'un effet plafond chez les enfants plus âgés pourrait limiter la force de notre interprétation. Il est en effet possible qu'un effet lié à l'âge ait pu se manifester si l'utilisation de listes plus longues avait permis aux enfants plus âgés de ne pas atteindre le plafond. En effet, comme notre étude couvrait un grande étendue d'âge et des conditions sans orientation –donc plus difficiles–, nous avons dû utiliser de courtes listes pour éviter la présence d'un effet plancher chez les enfants les plus jeunes. Il pourrait être intéressant lors d'études ultérieures d'utiliser des listes plus longues dans des conditions d'orientation sémantique seulement afin de vérifier si notre interprétation tient même lorsque l'effet plafond des enfants âgés n'est plus présent.

2.3 Niveaux de traitement

Un autre des postulats de cette thèse était que le principe de la profondeur de l'encodage (Craik et Lockhart, 1972) devrait s'appliquer chez les enfants comme chez les adultes. Les résultats des deux études sont en partie compatibles avec cette hypothèse. En effet, le traitement sémantique de l'information au moment de l'encodage entraîne chez tous les groupes d'enfants un meilleur rappel que l'encodage syllabique. Toutefois, l'orientation sémantique n'entraîne pas un meilleur rappel libre que l'absence d'orientation chez les enfants de première année. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène. Lors de la première étude, la tâche était clairement mal adaptée aux enfants plus jeunes: soit le nombre de mots à mémoriser était trop grand, soit les mots utilisés étaient peu connus des enfants. Dans la deuxième étude, les enfants de première année montrent une difficulté à bénéficier de l'orientation sémantique à l'encodage pour améliorer leur rappel libre. Cependant, leurs performances en rappel indicé montrent bien que l'information encodée sémantiquement est mieux maintenue que celle encodée plus superficiellement (en regard des propriétés syllabiques des mots). Le principe de la profondeur de l'encodage semble donc s'appliquer aussi bien pour les enfants que pour les adultes, mais il est possible que le type de tâche de mémoire utilisée (par exemple, le rappel libre vs indicé) ait une influence sur la mise en évidence ou non du phénomène.

L'encodage syllabique, en plus de moins favoriser le rappel que l'encodage sémantique chez tous les enfants, nuit au rappel libre des enfants de première et deuxième année. De plus, le fait de donner des indices de récupération syllabiques par la suite ne fait que ramener leur performance au niveau de base (sans orientation).

Cet effet se retrouve tant dans la deuxième étude que dans la première. Il ne peut donc être expliqué simplement par le niveau de difficulté de la tâche. On peut dès lors supposer que c'est la nature même des indices utilisés qui interfère avec l'épreuve de rappel pour les jeunes enfants. Pourtant, la syllabe est une unité fondamentale en français et les enfants y sont sensibles dès l'âge préscolaire. Par ailleurs, même les jeunes enfants n'ont pas éprouvé de difficulté à exécuter la tâche d'encodage syllabique. Au contraire, nous avons observé que l'identification des mots était plus rapide dans cette condition que dans la condition de base ou dans la condition sémantique, surtout pour les lecteurs plus lents. Par conséquent, il est possible que le temps de présentation des mots dans la condition syllabique ait été plus rapide que dans les autres conditions, contribuant ainsi à un moins bon encodage chez les jeunes enfants. De façon corollaire, le traitement syllabique des mots étant relativement peu efficace pour améliorer le rappel, les enfants plus âgés pourraient avoir utilisé d'autres stratégies d'encodage en plus de celle induite par l'orientation syllabique. Il est possible que les jeunes enfants n'aient pas été en mesure d'utiliser de telles stratégies additionnelles. Cela pourrait être dû au fait qu'un temps de présentation plus rapide n'ait pas permis la mise en place de ces stratégies, en raison d'un manque de ressources ou encore d'habiletés métacognitives trop peu élaborées.

2.4 Production et utilisation des stratégies mnésiques

Il est possible d'interpréter les résultats du présent travail à l'aide du cadre théorique des déficits de production et d'utilisation de stratégies mnésiques. On parle d'un déficit de production lorsqu'un enfant ne génère pas spontanément la stratégie qui lui permettrait d'améliorer son rappel (Flavell, 1970), et d'un déficit d'utilisation lorsque la stratégie est offerte à l'enfant, mais qu'elle ne lui permet pas d'améliorer son rappel (Miller et Seier, 1994). Lors de la première étude, les enfants de première année n'ont pu bénéficier des procédures d'orientation sémantique. On pourrait donc parler d'un déficit d'utilisation de la stratégie d'encodage offerte. Il en est de même des procédures d'orientation et d'indication syllabique, qui n'aident pas les enfants de première année. Le déficit d'utilisation des stratégies d'encodage sémantique disparaît lorsque l'épreuve est adaptée à leurs capacités, mais il demeure dans la condition syllabique jusqu'en deuxième ou troisième année.

De plus, on pourrait aussi parler d'un déficit de production en ce qui concerne les stratégies sémantiques de récupération de l'information chez les enfants de première année, et à un niveau moindre chez ceux de deuxième et troisième année. Ces enfants sont toutefois en mesure d'utiliser les indices de récupération offerts, donc ne présentent pas de déficit d'utilisation des stratégies de récupération. Ces résultats sont compatibles avec ceux de nombreuses études sur le développement des stratégies mnésiques, qui tendent à montrer des modifications développementales importantes autour de l'âge de 8 à 10 ans. Cela renforce l'idée que les processus mnésiques étudiés ici peuvent être considérés comme des stratégies mnésiques.

Les stratégies mnésiques sont généralement associées aux fonctions exécutives. On sait par ailleurs que les fonctions exécutives se développent jusqu'à l'adolescence. Les résultats de cette thèse sont compatibles avec ce phénomène. Le développement des fonctions exécutives, encore plus que le développement de la mémoire sémantique, semble donc jouer un rôle prépondérant dans le développement du rappel épisodique.

3. La mémoire dans l'autisme

Plusieurs hypothèses ont été proposées afin de rendre compte d'une atteinte de la mémoire dans l'autisme. L'hypothèse d'une atteinte de type amnésique postulait que les sujets atteints d'autisme auraient des rappels libres et des rappels totaux plus faibles que ceux des sujets contrôles. L'hypothèse exécutive prédisait des rappels libres plus faibles pour les participants autistiques que pour les sujets contrôles, mais des rappels totaux comparables à ceux des contrôles. Finalement, l'hypothèse d'un déficit sémantique prévoyait que les sujets atteints d'autisme montreraient de moins bonnes performances que leurs contrôles dans la condition sémantique (rappel libre, indicé et total). Le paradigme proposé ici permettait de tester chacune de ces hypothèses. Les résultats indiquent qu'aucune ne permet d'expliquer entièrement le profil de performance mnésique de ces patients.

Les résultats de la présente thèse infirment l'hypothèse d'un déficit de la mémoire de type amnésique. En effet, les participants atteints d'autisme montrent un rappel libre normal et ne bénéficient pas moins des indices de récupération que leurs contrôles appariés. Leur rappel total est comparable à celui de leurs contrôles. Les effets de primauté et de récence sont aussi comparables entre les deux groupes. Les résultats ne suggèrent pas non plus une atteinte des fonctions exécutives. En effet, les

participants avec autisme ne bénéficient pas plus des procédures d'encodage et de récupération que leurs contrôles, ce qui aurait été présumé dans le cas d'une atteinte de la mise en oeuvre de stratégies d'encodage et/ou de récupération. Cependant, nos résultats ne permettent évidemment pas d'affirmer que ces sujets ne présentent aucun déficit exécutif. En effet, il est possible que la nature de l'épreuve utilisée ne permette pas de mettre en évidence tous les types de dysfonctions exécutives. Les troubles de la mémoire présentés par les patients ayant subi des lésions cérébrales préfrontales sont plus importants quand les listes à mémoriser sont composées de mots reliés sémantiquement. Ce type de déficit a d'ailleurs été décrit chez des individus souffrant d'autisme (Bowler, Matthews et Gardiner, 1997, Hermelin et O'Connor, 1967, 1970; Tager-Flusberg, 1991). De plus, il est maintenant accepté que les fonctions exécutives ne sont pas un processus unitaire et peuvent être fractionnées. Il est donc possible que les fonctions exécutives déficitaires chez les individus atteints d'autisme ne soient pas sollicitées par le type de tâche utilisé ici. Finalement, le fait que les individus atteints d'autisme profitent de l'orientation et de l'indication sémantiques au même titre que leurs contrôles n'appuie pas l'hypothèse d'un déficit sémantique franc.

Les résultats de la seconde étude soulèvent des pistes intéressantes permettant d'interpréter le fonctionnement mnésique des personnes souffrant d'autisme. Ainsi, le fait que ces personnes ne bénéficient pas plus des indices sémantiques que des indices syllabiques lors du rappel indicé suggère qu'ils ne traitent pas l'information au même niveau que les individus sans autisme. L'observation selon laquelle les indices syllabiques sont aussi efficaces que les indices sémantiques chez les participants atteints d'autisme suggère qu'ils ont traité l'information syllabique plus aisément que les contrôles. Ces résultats ne vont pas dans le sens du principe de la profondeur de l'encodage. Notre étude indique en effet que ce principe relativement général s'applique moins pour les individus autistiques que pour les contrôles. Ces résultats sont par contre compatibles avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont conclu que les individus autistiques encodaient les informations de façon plus superficielle que les individus sans autisme (Hermelin et O'Connor, 1967, 1970, Boucher, 1978, Minshew et Goldstein, 1993). Cela est aussi compatible avec l'hypothèse d'une faiblesse de la cohérence centrale (Frith, 1989) qui postule un biais dans le traitement de l'information vers des processus de bas niveau plutôt que vers une intégration de haut niveau.

Les résultats de notre étude pourraient s'expliquer non pas par un déficit du traitement profond (sémantique), mais plutôt par une préférence pour le traitement

superficiel de l'information. En effet, les individus atteints d'autisme bénéficient de l'orientation sémantique pour améliorer leur rappel libre au même titre que les contrôles, ce qui montre bien qu'ils peuvent traiter l'information de façon sémantique et utiliser cette information lors du rappel. Cependant, l'efficacité accrue des indices de récupération syllabiques tend à montrer qu'il y a eu un traitement superficiel accentué lors de l'encodage. Le fait que ce phénomène ne se répercute pas lors du rappel libre syllabique pourrait s'expliquer par la difficulté accrue de la tâche et les processus de récupération qui sont impliqués. En effet, le rappel libre sollicite davantage les mécanismes de récupération en mémoire du sujet et nécessite l'utilisation de stratégies probablement plus élaborées que le rappel indicé. Le sujet doit aussi déployer plus de ressources pour effectuer le rappel libre que le rappel indicé. Il est donc possible que l'effet de l'orientation syllabique ait été dilué par les autres processus impliqués. Le biais pour le traitement superficiel n'apparaîtrait alors que lors d'une épreuve reposant moins sur des processus de récupération contrôlés, en l'occurrence le rappel indicé.

Un biais pour le traitement superficiel de l'information a aussi été retrouvé dans d'autres types d'épreuves. Par exemple, les individus atteints d'autisme réussissent mieux que leurs contrôles dans plusieurs épreuves impliquant un niveau relativement précoce du traitement perceptuel visuel (les aspects physiques de bas niveau, le niveau local, etc.). Dans ces épreuves, les individus atteints d'autisme ont tendance à être moins affectés que leurs contrôles par des caractéristiques de l'objet ou de la tâche qui appartiennent à un traitement de haut niveau (l'intégration des éléments en un tout, le niveau global). Cela se retrouve dans des épreuves de détection de cibles parmi des distracteurs (Plaisted et *al.*, 1988a), de détection de variations subtiles dans la position de points (Plaisted et *al.*, 1988b), de discrimination de figures enchevêtrées (Joliffe et Baron-Cohen, 1997) et dans des épreuves de copie de figures impossibles (Mottron, Belleville et Ménard, 1999). Ce biais en faveur du traitement local a aussi été retrouvé plus récemment en modalité auditive (Mottron, Peretz et Ménard, 2000). La perception des fréquences auditives serait meilleure chez les individus atteints d'autisme que chez leurs contrôles, et cela bien qu'on ne note pas d'anomalie des propriétés globales de la musique. Il est donc possible que, comme dans le traitement de la fréquence musicale, les individus atteints d'autisme traitent plus aisément les propriétés superficielles des éléments verbaux qui leur sont présentés (en l'occurrence les caractéristiques phonologiques ou syllabiques), tout en ne montrant pas de déficit franc sur le plan du traitement global (l'aspect sémantique).

3.1. La contribution de l'étude de cas d'un individu présentant une hypermnésie pour les noms propres

Les résultats du troisième article peuvent être interprétés en regard des trois hypothèses visant à expliquer le fonctionnement mnésique des individus atteints d'autisme. En premier lieu, les performances de N. M. vont à l'encontre d'un trouble de la mémoire de type amnésique. En effet, peu importe les conditions expérimentales, N. M. obtient toujours des rappels égaux ou supérieurs à ceux des contrôles appariés, que ce soit avec des noms propres ou des noms communs. L'explication des résultats de N. M. en fonction de l'hypothèse d'un déficit des fonctions exécutives ne peut se faire que de façon indirecte. Cependant, le fait que N. M. ne soit pas plus sensible à l'interférence que les deux groupes de sujets contrôles va à l'encontre d'un trouble exécutif.

La méthode utilisée avec N. M. ne permet pas d'apporter des informations directes sur la possibilité d'un déficit sémantique. En effet, la contribution de la mémoire sémantique aux épreuves de mémoire utilisées est probablement minime. Cependant, les résultats de N. M. peuvent être interprétés dans le cadre de l'hypothèse d'une préférence pour le traitement superficiel de l'information. En effet, la troisième expérience nous renseigne sur la façon dont N. M. encode l'information. Lors de l'encodage par liste, N. M. lit toujours les mots en ordre alphabétique, peu importe l'ordre dans lequel ils sont présentés. De plus, ses résultats lors du rappel sont meilleurs que ceux des deux groupes contrôles dans les trois conditions de rappel (spatial, verbal et spatia-verbal). Cela suggère que N. M. repose sur un autre type d'indice pour mémoriser et récupérer l'information en mémoire. Vraisemblablement, il semble que N. M. a traité l'information selon l'orthographe des mots (ordre alphabétique), qui apparaît intuitivement comme une caractéristique superficielle. Dans le même sens, les résultats d'une autre étude (Mottron, Belleville et Stip, 1996) montrent que l'hypermnésie de N. M. ne concerne que les noms propres et qu'il mémorise des noms communs au même niveau que les contrôles. Cette préférence pour les noms propres, des éléments verbaux qui possèdent moins de caractéristiques sémantiques inhérentes que les noms communs, pourrait encore une fois s'expliquer par une propension vers un traitement superficiel de l'information.

3.2. La mémoire dans l'autisme, aspects développementaux

L'évaluation avec un même paradigme de personnes atteintes d'autisme et d'enfants normaux de différents âges permet d'évaluer si les particularités du rappel des premiers sont associées à un délai développemental. La caractéristique majeure du fonctionnement mnésique des personnes autistes que notre tâche permet de montrer concerne le fait que les indices de récupération syllabiques sont aussi efficaces que les indices sémantiques. Dans le développement normal, ce patron de performance ne se retrouve que chez les sujets les plus jeunes de notre première étude, celle pour laquelle des difficultés méthodologiques ont été mises en évidence. Lorsque la condition sémantique était présentée avant la condition syllabique, les enfants de première année ne bénéficiaient pas plus des indices sémantiques que des indices syllabiques. Cependant, cela n'est vrai que dans cette condition particulière de la première expérience. Dans cette première expérience, qui utilisait de longues listes et des mots relativement peu connus des enfants, le rappel libre des plus jeunes était faible et ils bénéficiaient moins des indices que les enfants plus âgés. Par ailleurs, il est important de souligner que l'encodage syllabique a nui à ces enfants. Ce n'est pas le cas des individus atteints d'autisme, qui bénéficient plus des indices syllabiques que les sujets contrôles, et qui par ailleurs montrent un rappel libre normal dans toutes les conditions. Chez les jeunes enfants, le profil de résultats est manifestement relié au niveau de difficulté de l'épreuve, puisqu'il disparaît lorsque cette dernière est adaptée. Chez les individus atteints d'autisme, la performance générale indique que le niveau de difficulté n'est pas plus élevé que chez leurs sujets contrôles.

En résumé, la comparaison des performances des individus avec autisme et des enfants de différents âges indique que le profil observé chez les premiers ne correspond pas à un niveau développemental particulier. Le profil de résultats montré par les individus autistes ne peut donc être expliqué simplement par un délai ou un arrêt dans le développement des processus mnésiques impliqués. Bien sûr, cela est vrai à l'intérieur des étendues d'âges évaluées ici. Les enfants les plus jeunes évalués ici ont six ans. S'il existe un arrêt dans le développement des fonctions mnésiques des personnes atteintes d'autisme à un stade plus précoce, notre étude ne permettrait pas de le mettre en évidence.

3.3 Généralisation des résultats

Une question importante se pose par ailleurs quand à la possibilité de généraliser les résultats de la présente thèse à tous les individus souffrant d'autisme. En effet, afin de limiter l'interaction entre un faible niveau de développement général et l'autisme, seuls des individus autistes de haut niveau, présentant un Q.I. normal, ont été sélectionnés pour participer à ces expériences (À l'exception de N.M.). Cependant, la majorité (env. 75%) des individus atteints d'autisme fonctionnent au niveau de la déficience intellectuelle (Smalley et al. 1998). Il est donc possible que le profil de résultats observé dans cette thèse ne soit pas représentatif du fonctionnement de tous les individus souffrant d'autisme. Cependant, il est raisonnable de penser que, puisque tous les individus sélectionnés présentaient les symptômes caractéristiques de l'autisme au même titre que des personnes de plus faible niveau intellectuel, les résultats obtenus soient bien reliés à l'autisme en tant que tel, et donc puissent être généralisés à une population plus étendue. Bien entendu, la meilleure façon de confirmer cette hypothèse serait de tenter de mettre en évidence le même profil de résultats chez des individus autistes de bas niveau, en tenant compte des limites inhérentes à cet état de fait.

4. Pertinence clinique des outils d'évaluation

Il apparaît clairement que le type d'épreuve utilisé dans le cadre de cette thèse s'avère sensible tant aux effets de l'âge que de la pathologie chez les enfants. L'épreuve originale, dont la version informatique fut inspirée, s'est d'ailleurs montrée un outil clinique précieux, tant pour le diagnostic différentiel que pour orienter l'intervention en vue de favoriser un rappel plus efficace.

La pertinence de la condition d'orientation et d'indiciage sémantiques est la plus facile à établir. Sensible aux effets de l'âge, elle renseigne clairement sur l'efficacité des processus de récupération en mémoire et donne des informations sur les processus d'encodage utilisés par le sujet. De plus, étant donné son efficacité pour améliorer le rappel, elle peut servir de base à un entraînement visant à favoriser un meilleur encodage de l'information (en traitant plus profondément les stimuli, en créant des liens sémantiques lors de l'encodage). La condition syllabique possède aussi sa pertinence, mais elle n'a de sens que si elle est utilisée de pair avec la condition sémantique. En effet, elle permet de mieux cerner la façon dont le sujet traite l'information et, comme le

suggèrent les présents résultats, la capacité de maintenir un encodage efficace malgré l'orientation vers les propriétés superficielles du matériel à mémoriser.

Le fait que la version originale s'avère trop difficile pour les jeunes enfants et que la version modifiée risque d'être trop facile pour les enfants plus âgés n'est pas étonnant. De façon générale, les épreuves neuropsychologiques utilisées avec les enfants sont conçues avec des versions différentes selon les âges. Avec une population normale, la version originale de l'épreuve de mémoire utilisée ici montre des résultats qualitativement similaires à ceux des adultes dès la quatrième année du primaire. À partir de ce niveau, il semble que les changements sur le plan de la performance soient quantitatifs, sans pour autant qu'il y ait d'effet plancher ou plafond. La version originale de cette épreuve pourrait donc être utilisée dès l'âge de neuf ans sans crainte d'effets indésirables liés au niveau de difficulté.

La version modifiée de l'épreuve devrait être utilisée chez les enfants de moins de neuf ans. Toutefois, une des limites importantes de cette tâche est que les mots étant présentés par écrit, seuls les enfants sachant lire sont en mesure de la réaliser. Cela pourrait rendre plus difficile l'utilisation généralisée de l'outil, notamment avec des enfants présentant des troubles de lecture. Une façon de contrecarrer ces limites serait de construire une nouvelle version de cette épreuve dans laquelle les stimuli seraient des images. Ainsi, l'outil serait adapté pour des enfants moins bons lecteurs de même que pour des enfants d'âge préscolaire, ce qui augmenterait grandement sa pertinence. Il faudrait cependant repenser le type d'indices à donner pour comparer un encodage profond avec un encodage superficiel. Les indices sémantiques pour leur part demeurent pertinents et s'avèrent utiles dans ce genre d'épreuve avec des populations différentes. La condition syllabique pourrait toutefois poser problème. En effet, lorsqu'on présente des mots écrits, il suffit d'un traitement superficiel pour en identifier la première syllabe. Ce n'est cependant pas le cas lorsque des images sont présentées. Dans ce cas, la personne doit accéder à la représentation sémantique de l'image pour en dériver une représentation phonologique. L'encodage superficiel devrait alors être induit par l'orientation vers des caractéristiques propres aux dessins, la forme ou la couleur, par exemple.

5. Voies de recherche futures

De nombreuses recherches pourraient être effectuées afin de préciser et d'élargir les résultats des présents travaux. Ces recherches pourraient avoir pour but l'amélioration des épreuves de mémoire utilisées, une plus grande compréhension du développement normal de la mémoire ou la clarification et la précision des résultats obtenus avec les individus atteints d'autisme.

Nous avons déjà discuté de l'intérêt d'adapter l'épreuve pour qu'elle puisse être utilisée avec des enfants d'âge préscolaire (voir section précédente). La version ainsi modifiée pourrait aussi être utilisée avec des individus ne sachant pas lire ou présentant un faible niveau de fonctionnement général, ou encore des troubles importants de la mémoire.

Le fait d'administrer ce type d'épreuves de mémoire à un plus grand nombre d'individus normaux permettrait aussi de raffiner la compréhension du développement et des étapes développementales dans le fonctionnement de la mémoire. Les études présentées ici ne regroupaient en effet qu'un nombre relativement restreint de participants. Des études incluant de plus grands groupes permettraient d'améliorer la puissance et donc d'augmenter la chance de détecter des effets plus subtils. Il serait aussi intéressant d'administrer ces épreuves en parallèle avec d'autres types d'épreuves de mémoire, utilisant des stimuli différents (mots reliés sémantiquement, paires ou triplets de mots, phrases, histoires ou dessins, etc.) ou mesurant d'autres types de fonctions cognitives (fonctions exécutives, mémoire sémantique, etc.). En effet, l'interprétation de nos résultats sur le plan du développement gagnerait en force s'il était possible de démontrer que ces résultats sont corrélés par exemple à ceux obtenus à des épreuves de type exécutif. L'utilisation de grands groupes, nécessaires à ce type d'analyse statistique, permettrait d'évaluer la présence de telles relations.

Finalement, les résultats de la présente thèse ouvrent la voie à d'autres recherches avec des individus atteints d'autisme. En effet, il serait intéressant d'aller explorer plus à fond l'organisation en mémoire sémantique des individus atteints d'autisme. Bien qu'aucun déficit franc n'ait été identifié jusqu'à présent, il est probable qu'un biais vers les propriétés superficielles des mots et des objets ait entraîné des anomalies subtiles de la mémoire sémantique. Ainsi, les individus atteints d'autisme pourraient réussir les épreuves générales impliquant la mémoire sémantique, mais

pourraient n'y arriver qu'en mettant en œuvre des mécanismes compensatoires qualitativement distincts de ceux utilisés par les personnes non affectées d'autisme. Il serait intéressant d'explorer notamment les frontières entre les différents concepts en mémoire sémantique. En effet, c'est en s'éloignant des éléments les plus prototypiques d'une catégorie qu'on aurait probablement le plus de chances de mettre en évidence des anomalies subtiles de l'organisation sémantique.

Enfin, et bien que cette thèse concerne l'autisme, l'évaluation des mécanismes d'encodage et de récupération en mémoire dans d'autres pathologies du développement est tout à fait capitale. Les troubles déficitaires de l'attention, le syndrome Gilles de la Tourette, l'épilepsie et les troubles d'apprentissage sont susceptibles d'entraîner des dysfonctionnements mnésiques dont la nature n'est pas toujours connue. Les épreuves utilisées dans cette thèse pourraient contribuer à une meilleure compréhension des troubles mnésiques impliqués dans ces différentes pathologies. Elles pourraient aussi faciliter des processus de prise en charge ou de conseil scolaire, puisqu'il est évident que ces processus mnésiques jouent un rôle de premier plan dans les acquis didactiques et dans l'adaptation scolaire.



Références

- Ackerman, B. P. (1984). Item-Specific and relational encoding effects in children's recall and recognition memory for words. Journal of Experimental Child Psychology, 37, 426-450.
- Ackerman, B.P. (1985). The effects of specific and categorical orienting on children's incidental and intentional memory for pictures and words. Journal of Experimental Child Psychology, 39, 300-325.
- Ackerman, B.P. (1987). Developmental differences in episodic retrieval: The role of differences in concept representations in semantic memory. Developmental Psychology, 23(1), 31-38.
- Ackerman, B.P. (1988a). Cued recall for category, thematic, and ad hoc classified events in children and adults. Journal of Experimental Child Psychology, 45, 88-118.
- Ackerman, B.P. (1988b). Search set access problems in retrieving episodic information from memory in children and adults. Journal of Experimental Child Psychology, 45, 234-261.
- Ackerman, B.P. (1996). Induction of a Memory retrieval strategy by young children. Journal of Experimental Child Psychology, 62, 243-271.
- Ackerman, B.P. (1997). The role of setting information in children's memory retrieval. Journal of Experimental Child Psychology, 65, 238-260
- American Psychiatric Association. (1987). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (3rd ed., revised). Washington, DC: Author.
- American Psychiatric Association (1994). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition. Washington DC, American Psychiatric Association.
- Ameli, R.; Courchesne, E.; Lincoln, A.; Kaufman A.S.; Grillon, C. (1988). Visual Memory Processes in High-Functioning Individuals with Autism. Journal of Autism and Developmental Disorders; 18(4): pp.601-615.

- Appellof, E.S., Augustine, E.A. (1986). Prefrontal functions in juvenile delinquents. Journal of Clinical experimental Neuropsychology, 7, 604.
- Aram, D.M., & Healy, J.M. (1988). Hyperlexia: A review of extraordinary word recognition. In L.K. Obler & D. Fein (Eds.), The Exceptional brain: Neuropsychology of talent and special abilities (pp. 70-102). New York: The Guilford Press.
- Bachevalier, J. (1991). An Animal Model for Childhood Autism: Memory Loss and Socioemotional Disturbances Following Neonatal Damage to The Limbic System in Monkeys. In Advances in Neuropsychiatry and Psychopharmacology. C.A. Tamminga & S.C. Schultz (Eds), Vol. 1 of Schizophrenia Research, pp. 129-140. Raven Press, New York.
- Bachevalier, J. (1994). Medial Temporal Lobe Structures and Autism: A Review of Clinical and Experimental Findings. Neuropsychologia, 32(6), pp.627-648.
- Bachevalier, J., Alvarado, M.C., Malkova, L. (1999). Memory and socioemotional behavior in monkeys after hippocampal damage in infancy or in adulthood. Biol. Psychiatry, 46(3), 329-339.
- Bachevalier, J., Merjanian, P.M. (1994). The Contribution of Medial Temporal Lobe Structures in Infantile Autism: A Neurobehavioral Study in Primates. In The Neurobiology of Autism, M.L. Bauman & T.L. Kemper (Eds), pp.146-169. John Hopkins Press, Baltimore.
- Baddeley, A.D. (1986). Working Memory. Oxford: OUP
- Baddeley, A. (1990). Human Memory. Boston: Allyn & Bacon.
- Bartak, L., Rutter, M., Cox, A. (1975). A comparative study of infantile autism and specific developmental receptive language disorder: I. The children. British Journal of Psychiatry, 126, 127-145.
- Barth, C., Fein, D., Waterhouse, L. (1995). Delayed match-to-sample performance in autistic children. Developmental Neuropsychology, 11(1), 53-69.
- Baudot, J (1992). Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain. Montréal : Presse de l'Université de Montréal.
- Bauman, M.L., Kemper, T.L. (1985). Histoanatomic observations of the brain in early infantile autism. Neurology, 35, 866-874.

- Belleville, S., Chatelois, J., Fontaine, N., Lussier, I., Peretz, I. & Renaseau-Leclerc, C. (1992). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire, Côte-des-Neiges.
- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I. (in preparation). Levels of processing and strategic retrieval in normal aged adults.
- Belleville, S., Tainturier, M.-J., Peretz, I., & Fontaine, F. (1998). The equalization of baseline performance removes the effect of cueing and depth of processing in normal ageing. Abstracts of paper and poster presentations, 1998 Cognitive Aging Conference, 224.
- Benetto, L., Pennington, B.F., Rogers, S.J. (1996). Intact and impaired memory functions in autism. Child Development, 67, 1816-1835.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., Casanova, C. & Faubert, J. (1999). High functioning autistic subjects with a preoccupation for rotating objects show an increased sensitivity to complex rotational motion patterns. Abstract for Society of Neuroscience 1999.
- Bjorklund, D.F. (1985). The role of conceptual knowledge in the development of organization in children's memory. In C.J. Brainerd & M. Pressley (Eds.), Basic Processes in Memory Development: Progress in Cognitive Development Research (pp.103-142). New York: Springer.
- Bjorklund, D.F., Douglas, R.H. (1997). The development of memory strategies. In N.Cowan, C.Hulme (Eds), The development of memory in childhood, (pp.201-246).
- Boucher, J. (1978). Echoic Memory Capacity in Autistic Children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 19, 161-166.
- Boucher, J.(1981a). Memory for Recent Events in Autistic Children. Journal of Autism And Developmental Disorders, 11(1), 293-301.
- Boucher, J. (1981b). Immediate free recall in early childhood autism: Another point of behavioural similarity with the amnesic syndrome. British Journal of Psychology, 72, 211-215.
- Boucher, J., Warrington, E. K. (1976). Memory Deficits in Early Infantile Autism: Some Similarities to the Amnesic Syndrome. British Journal of Psychology, 67 (1), 73-87.

- Bowler, D. M., Matthews N.J., & Gardiner, J. M. (1997). Asperger's syndrome and memory: Similarity to autism but not amnesia. Neuropsychologia, 35(1), 65-70.
- Brainerd, C.J., Howe, M.L., Kingma, J., Brainerd, S.H. (1984). On the measurement of storage and retrieval contributions to memory development. Journal of Experimental Child Psychology, 37, (3), 478-499.
- Bryson, S. (1983). Interference Effects in Autistic Children: Evidence for the Comprehension of Single Stimuli. Journal of Abnormal Psychology, 92 (2), 250-254.
- Burack, J., Iarocci, G., Bowler, D. & Mottron, L.(submitted). IQ and/or developmental age adds a confounding variable when interpreting difference or absence of difference. Journal of Child Psychology and Psychiatry.
- Burack, J.A., Volkmar, F.R. (1992). Development of low- and high-functioning autistic children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 33 (3), 607-616
- Cahill, L., Babinsky, R., Markowitsch, H.J., & McGaugh, J.L. (1995). The amygdala and emotional memory. Nature, 377(6547), 295-296.
- Ceci, Stephen J. (1980). A developmental study of multiple encoding and its relationship to age-related changes in free recall. Child Development, 51, 892-895.
- Ceci, Stephen J.; Howe, Michael J. A. (1978). Semantic knowledge as a determinant of developmental differences in recall. Journal of Experimental Child Psychology, 26, 230-245.
- Chatelois, J., Pineau, H., Belleville, S., Peretz, I. (1992). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire inspirée de l'approche cognitive [A computerized memory test battery based on the cognitive approach]. Canadian Psychology, 34(1), 45-63.
- Chelune, G.J., Baer, R.L. (1986). Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 8, 219-228.
- Corsale, K., Ornstein, P.A. (1980). Developmental changes in children's use of semantic information in recall. Journal of Experimental Child Psychology, 30, 231-245
- Craik, F.M., Lockhart, R.S. (1972). Levels of Processing: a Framework for Memory Research. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11, 671-684.

- Craik, F.I.M., & Birtwistle, J. (1971) Proactive inhibition in free recall. Journal of Experimental Psychology, 91, 120-123.
- Dagenais, C., Whitaker, H.A., Desmarais, G., Morasse, K., Brosseau, J. (1996). Representation in semantic memory: A developmental study. Journal International de Psychologie, 31(3-4), 204.
- Delong, G.R. (1992). Autism , Amnesia, Hippocampus, and Learning. *Neurosciences Biobehavioral Reviews*, 16(1), 63-70.
- Delong, G.R., Bean, S.C., Brown III, F.R. (1981). Acquired reversible autistic syndrome in acute encephalopathic illness in children. Archives of Neurology, 38, 191-194
- Dempster, F.N., & Brainerd, C.J. (1995). Interference and Inhibition. San Diego: Academic Press.
- Ericsson K.A., Krampe, R.T. & Tesh-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. Psychological Review, 100, 363-406
- Fish, B., Shapiro, T., alpern, F. & Wile, R. (1965). The Prediction of Schizophrenia in Infancy. American Journal of Psychiatry, 121, 768-775.
- Flavell, J.H. (1970). Developmental changes in memorization processes. Cognitive Psychology, 1, 324-340.
- Flavell, J.H., Beach, D.R., Chinsky, J.H. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. Child Development, 37, 283-299.
- Fodor, J.A., (1983). Modularity of Mind, Cambridge, MIT press/Bradford books.
- Foerstl, J. (1989). Early interest in the idiot-savant. American Journal of Psychiatry, 146, p. 566.
- Frith, U. (1989). Autism and "theory of mind". In C. Gillberg (Ed.), Diagnosis and treatment of autism (pp.33-52). New-York: Plenum Press.
- Frith, U. (1989). Autism: explaining the enigma. Oxford: Basil Blackwell.
- Frith, U. (1997). The neurocognitive basis for autism. Trends in Cognitive Science, 1, 73-77
- Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond "theory of mind". Cognition, 50, 115-132.
- Frith, U., & Hermelin, B. (1969). The role of visual and motor cues for normal, subnormal and autistic children. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 10, 153-163.

- Gathercole, S. E.(1998) The development of memory. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39 (1), 3-27.
- Gershberg, F.B., & Shimamura, A.P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. Neuropsychologia, 33(10), 1305-1333.
- Giroux, L. (1982). L'économie cognitive en mémoire sémantique. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- Guttentag, R.E., Ornstein, P.A., Seimens, L. (1987). Children's spontaneous rehearsal, transitions in strategy acquisition. Cognitive development, 2, 307-326.
- Happé, F. (1996). Autism: An introduction to psychological theory. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Harnishfeger, K.K., Bjorklund, D.F. (1990). Children's strategies: A brief history. In Children's Strategies: Contemporary views of cognitive development, D.F. Bjorklund (Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Harper, J. & Williams, S. (1975). Age and Type of Onset as Critical Variables in Early Infantile Autism. Journal of Autism and Childhood Schizophrenia, 5, 25-35.
- Hasselhorn, M. (1995). Beyond production deficiency and utilization inefficiency: Mechanisms of the emergence of strategic categorization in F.E. Weinert & W. Schneider (Eds) Memory Performances and Competencies, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 141-159
- Heltzer, B.E. & Griffin, J.L. (1981). Infantile Autism and the Temporal Lobe of the Brain. Journal of Autism and Developmental Disorders, 9, 153-157.
- Hermelin, B. (1976). Coding and sense modalities. In L.Wing (Ed.), Early Childhood Autism, 2nd Edition. Oxford: Pergamon Press.
- Hermelin, B. (1976). Coding and sense modalities. In L.Wing (Ed.), Early Childhood Autism, 2nd Edition. Oxford: Pergamon Press.
- Hermelin, B.; O'Connor, N. (1967). Remembering of Words by Psychotic and Subnormal Children. British Journal of Psychology, 58 (3,4), 213-218.
- Hermelin, B. & O'Connor, N. (1970). Psychological Experiments with Autistic Children. Oxford: Pergamon Press.

- Hermelin, B., O'Connor, N. (1975). The recall of digits by normal, deaf and autistic children. British Journal of Psychology, 66 (2), 203-209
- Hermelin, B., O'Connor, N. (1976). Remembering of Words by Psychotic and Subnormal Children. British Journal of Psychology, 58, 213-218.
- Hermelin, B., & O'Connor N. (1991). Talents and preoccupations in idiot-savants. Psychological Medecine, 21, 959-964.
- Hermelin, B., & O'Connor N, & Lee, S. (1987) Musical inventiveness of five idiot-savants. Psychological Medecine, 17, 695-694.
- Hill, A.L. (1978). Savants: Mentally retarded individuals with special skills. In N.R. Ellis (Ed.), International review of research in mental retardation (pp.277-298). New York: Academic Press.
- Hoshini, Y., Kaneko, M., Yashima, Y., Kumashiro, H., Volkmar, F.R. & Cohen, D.J. (1987). Clinical Features of Autistic Children with Setback Course in their Infancy. Japanese Journal of Psychiatry and Neurology, 41, 237-246.
- Hughes, C., Russell, J.,& Robbins, T. W. (1994). Evidence for Executive Dysfunction in Autism. Neuropsychologia, 32(4), 477-492.
- Janowsky, J.S., Shimumamura, A.P., Kritchevsky, M., Squire, L.R. (1989). Cognitive impairment following frontal lobe damage and its relevance to human amnesia. Behavioral Neuroscience, 103, 549-560.
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R.B., Markowitsch, H.J. (1986). A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. Cortex, 22, 229-242.
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the embedded figures test ? Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 38(5), 527-534.
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective content. Nervous Child, 2, 217-250.
- Kirk, U., Kelly, M.A. (Children's differential performance on selected dorsolateral prefrontal and posterior cortical functions: A developmental perspective. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 7, 604.
- Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revisited: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible

- pervasive developmental disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24(5), 659-685.
- Loveland, K.L. & Kelley, M.L. (1988). Development of Adaptive Behavior in Adolescents and Young Adults with Autism and Down Syndrome. American Journal of Mental Deficiency, 93, 84-92.
- Malkova, L., Bachevalier, J., Webster, M., Mishkin, M. (2000). Effects of neonatal inferior prefrontal and medial temporal lesions on learning the rule for delayed nonmatching-to-sample. Developmental Neuropsychology, 18(3), 399-421.
- McGeoch, J.A. & McDonald, W.T. (1931). Meaningful relation and retroactive inhibition. American Journal of Psychology, 43, 579-588.
- Medin, D.L. & Smith, E.E. (1984). Concepts and Concept Formation. Annual Review of Psychology, 35, 113-138.
- Mehler, J. , Dommergues, J. Y. , Frauenfelder, U. & Segui, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. Journal of verbal Learning and Verbal Behavior, 20, 298-305.
- Mesibov, G. (1997). TEACCH-supported employment program. Journal of Autism and Developmental Disorders, 27(1), 3-9.
- Miller, P.H. (1994). Individual differences in children's strategic behavior: Utilization deficiencies. Learning and Individual Differences, 6 (3), 285-307.
- Miller, P.H. (1990). The development on strategies of selective attention. In D.F. Bjorklund (Ed.), Children's strategies: Contemporary views of cognitive development (pp. 157-184). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miller, P.H., Harris, Y.R. (1988). Preschoolers' strategies of attention on a same-different task. Developmental Psychology, 24, 628-633.
- Miller, P.H., Seier, W.L. (1994). Strategy utilization deficiencies: when, where and why. Advances in Child Development and Behavior, 25, 107-156
- Miller, P.H., Woody-Ramsey, J., Aloise, P.A. (1991). The role of strategy effortfulness in strategy effectiveness. Developmental Psychology, 27, 738-745.
- Minshew, N.; Goldstein, G. (1993). Is Autism an Amnesic Disorder? Evidence from the California Verbal Learning Test. Neuropsychology, 7 (2), 209-216.

- Mishkin, M. (1978). Memory in monkeys severely impaired by combined but not separate removal of amygdala and hippocampus. Nature, *273*, 297-298.
- Morton & Frith (1994). In *Handbook of Developmental Psychology*, D.J. Cohen & D. Cichetti (Eds)
- Moskovitch, M. (1992a). A neuropsychological model of memory and consciousness. In L.R. Squire, & N. Butters (Eds.), Neuropsychology of Memory, Second Edition (5-22). New York: The Guilford Press.
- Moskovitch, M. (1992b). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central system. Journal of Cognitive Neuroscience, *4*, 257-267.
- Moscovitch, M. (sous presse). Frontal Lobes and Memory. In *Encyclopedia of Learning and Memory: Neuropsychology*, D.L. Schacter (Ed), New York: MacMillan Publishing Co.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1993). A Study of perceptual analysis in high level autistic subject with exceptional graphic abilities. Brain and Cognition, *23*, 279-309.
- Mottron, L.; Belleville, S. (1994). La mémoire sémantique des autistes. P.R.I.S.M.E., *4* (1), 38-51.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1994). L'apport de la neuropsychologie cognitive à l'étude de l'autisme. Journal of Psychiatry and Neurosciences, *19*, 95-102.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1995). Perspective production in a savant autistic draughtsman. Psychological Medecine, *25*, 639-648.
- Mottron, L., Belleville, S., Ménard, E. (1999). Local bias in autistic subjects as evidenced by graphic tasks : Perceptual hierarchization or working memory deficit. Journal of Child Psychology and Psychiatry, *40*, 743-756.
- Mottron, L.; Belleville, S.; Stip, E. (1996). Proper name hypermnesia in an autistic subject. Brain and Language, *53*, 326-350.
- Mottron L, Belleville S, Stip E. & Morasse K. (1998). Atypical memory performance in a autistic savant. Memory, *6(6)*, 593-607.
- Mottron, L., Mineau, S., Décarie, J.C., Jambaqué, I., Labreque, R., Pépin, J.P., Aroichane, M.(in Press 1997) : Visual agnosia with bilateral temporo-occipital lesion in a child with autistic disorder : a case study. *Developmental Medecine and Child Neurology*.

- Mottron, L., Peretz, I., & Ménard, E. (2000). Local and global processing of music in high-functioning persons with autism : Beyond central coherence? Journal of Child Psychology and Psychiatry, 41, 1057-1066.
- O'Connor, N. & Hermelin, B. (1984). Idiot-savant calandrical calculators : Maths or Memory ? Psychological Medecine, 14, 801-806.
- O'Connor, N., & Hermelin, B., (1994). Two autistic savant readers. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24, 501-515.
- Ozonoff, S.; Pennington, B.; Rogers, S. J. (1991) Executive Function Deficit in High-Functioning Autistic Individuals: Relationship to Theory of Mind. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 32 (7), 1081-1105.
- Ozonoff, S., & Strayer, D.L. (1997). Inhibitory function in nonretarded children with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders, 27
- Passler, M.A., Isaac, W., Hynd, G.W. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. Developmental neuropsychology, 1, 349-370.
- Patti, P.J., & Lupinetti, L. (1993). Brief report: Implication of hyperlexia in an autistic savant. Journal of Autism and Developmental Disorders, 23, 397-405.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37(1), 51-87.
- Peretz, I., Lussier, I., & Béland, R. (1998). The differential role of syllabic structure in stem completion for French and English. European Journal of Cognitive Psychology, 10, 1, 75-112
- Plaisted, K, O'Riordan, M., Baron-Cohen, S. (1988a). Enhanced discriminaiton of novel, highly similar stimuli by adults with autism during a perceptual learning task. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39, 765-775.
- Plaisted, K, O'Riordan, M., Baron-Cohen, S. (1988b). Enhanced visual serach for a conjunctive target in autism: A research note. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39, 777-783.
- Pressley, M., Levin, J.R. (1977). Task parameters affecting the efficacy of a visual imagery learning strategy in younger and older childres. Journal of Experimental Child Psychology, 24, 53-59

- Raymond, G., Bauman, M., Kemper, T. (1989). The hippocampus in autism: Golgi analysis. Annals of Neurology, 26, 483-484
- Ricks, D. M.; Wing, L. (1975). Language, communication, and the use of symbols in normal and autistic children. Journal of Autism and Childhood Schizophrenia, 5 (3), 191-221.
- Rimland, B. & Fein, D. (1988). Special Talents of Autistic Savants. In The Exceptional Brain, L.K. Obler, & D. Fein (Eds), Guilford Press, New York, 474-492.
- Rumelhart, D.E. & Orthony, A. (1977). The Representation of Knowledge in Memory. In Schooling and the Acquisition of Knowledge , R.C. Anderson, R.J. Shapiro & W.E. Montagnies (Eds), Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- Rumsey, J.M. (1985). Conceptual Problem-Solving in Highly Verbal, nonretarder Autistic Men. Journal of Autism and Developmental Disorders, 15, 23-36.
- Rumsey, J.M., & Hamburger, S.D. (1988). Neuropsychological findings in high-functioning men with infantile autism, residual state. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 10, 201-221.
- Rumsey, J. & Hamburger S. (1990). Neuropsychological divergence of High-Level Autism and Severe Dyslexia. Journal of Autism and Developmental Disorders, 20, 155-168.
- Rumsey, J. M. , Hamburger, S.D. (1988). Neuropsychological Findings in High-Functioning Men with Infantile Autism, Residual State. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 10 (2), 201-221.
- Salatas, H., Flavell, J.H. (1976). Behavioral and metamnemonic indicators of strategic behaviors under remember instructions in first grade. Child Development, 47, 81-89
- Schank, R.C. & Abelson, R.P. (1977). Scripts, Plans, Goals and Understanding. Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- Schneider, W., Pressley, M. (1989) Memory development between 2 and 20. New-York: Springer.
- Schneider, W.; Sodian, B. (1997). Memory strategy development: Lessons from longitudinal research. Developmental Review, 17, 442-461.

- Shah, A., & Frith, U. (1993). Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? Journal of Child Psychology and Psychiatry, 34, 1351-1364.
- Shimamura, A.P., Jurica, P.J., Mangels, J.A. Gershberg, F.B., & Knight, R.T. (1995). Susceptibility to memory interference effects following frontal lobe damage: findings from tests of paired-associate learning. Journal of Cognitive Neuroscience, 7, 144-152.
- Siaw, S.N., Kee, D.W. (1987). Development of elaboration and organization in different socioeconomic-status and ethnic populations. In Imagery and related mnemonic processes: Theories, individual differences, and applications. M.A. McDaniel & M.Pressley (Eds). NY: Springer-Verlag.
- Slamecka, N.J. (1960). Retroactive inhibition of connected discourse as a function of practice level. Journal of Experimental Psychology, 59, 104-108.
- Smalley, S.L., Asarnow, R.F., Spence, A. (1988). Autism and genetics: a decade of research. Archives of General Psychiatry, 45, 953-961.
- Snow, M.E., Hertzig, M.E.& Shapiro, T. (1987). Rate of Development in Young Autistic Children. Journal of The American Academy of Child Psychiatry, 26, 834-835.
- Sodian, B., Schneider, W., Perlmutter, M. (1986). Recall, clustering, and metamemory in young children. Journal of Experimental Child Psychology, 41, 395-410
- Steel, J.G., Gorman, R. & Flexman, J.E. (1984). Neuropsychiatric Testing in an Autistic Mathematical Idiot-Savant: Evidence for Nonverbal Abstract Capacity. Journal of the American Academy of Child Psychiatry, 23, 704-707.
- Stuss, D.T., Alexander, M.P., Palumbo, C.L., Buckle, Leslie et al. (1994). Organizational strategies with unilateral or bilateral frontal lobe injury in word learning tasks. Neuropsychology, 8(3), 355-373.
- Stuss, D.T. & Benson, D.F. (1986). *The Frontal Lobes*, New York: Raven Press.
- Stuss, D.T., & Benson, D.F. (1987). The frontal lobes and control of cognition and memory. In E.Perecman (Ed.), The Frontal Lobes Revisited (141-158). New-York: The irbn Press.
- Szatmari, P. (1991). Asperger's syndrome: Diagnosis, treatment, and outcome. Psychiatric Clinics of North America, 14, 81-93.

- Tager-Flusberg, H. (1985a). Basic level and superordinate level categorization by autistic, mentally retarded, and normal children. Journal of Experimental Child Psychology, 40, 450-469.
- Tager-Flusberg, H. (1985b). The conceptual basis for referential word meaning in children with autism. Child Development, 56, 1157-1178.
- Tager-Flusberg, H. (1986) The Semantic Deficit Hypothesis of Autistic Children's Language. Australian Journal of Human Communication Disorders, 14 (1), 51-58.
- Tager-Flusberg, H. (1991). Semantic Processing in the Free Recall of Autistic Children: Further Evidence for a Cognitive Deficit. British Journal of Developmental Psychology, 9, 417-430.
- Tainturier, M.-J., Belleville, S. & Chatelais, J. (1988). Effets respectifs d'indices syllabiques et sémantiques sur l'encodage et la récupération de matériel verbal. Résumés des communications de la Société québécoise de recherche en psychologie, 12.
- Tantam, D.J.H. (1991). Asperger's syndrome in adulthood. In U. Frith (Ed.), Autism and Asperger syndrome, (pp. 147-183). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory, in The Organization of Memory, E. Tulving & W. Donaldson (Eds), Academic Press: New York.
- Tulving, E. (1983). Elements of Episodic Memory. Oxford, OUP.
- Tulving, E. & Thompson, D.M. (1973). Encoding Specificity and Retrieval process in Episodic Memory, Psychological Review, 80, 352-373.
- Tymchuck, A.J., Simmons, J.Q., & Neafsey, S. (1977). Intellectual characteristics of adolescent childhood psychotics with high verbal ability. Journal of Mental Deficiency Research, 21, 133-138.
- Van der Linden, M., Bruyer, R., Rolland, J., & Schils, S.P. (1993). Proactive interference in patients with amnesia resulting from anterior communicating artery aneurysm. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 15, 525-536.
- Volkmar, F.R., Sparrow, S., Goudreau, D., Cichetti, D., Paul, R. & Cohen, D.J. (1987). Social Defecits in Autism: An Operational Approach Using the Vineland Adaptive Behavior Scales. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 26, 156-161.

- Waterhouse, L., Fein, D., & Modahl, C. (1996). Neurofunctional mechanisms in autism. Psychological Review, *103*, 457-489.
- Wellman, H. The early development of memory strategies. In F.E. Weinert & M. Perlmutter (Eds.), Memory development: Universal changes and individual differences (pp.3-29), Hillsdale, N.J.: Erlbaum.ed.
- Wickens, D.D. (1970) Encoding categories of words: an empirical approach to meaning. Psychological Review, *77*, 1-15.
- Wing, L., & Gould, J. (1979). Severe impairment of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification. Journal of Autism and Childhood Schizophrenia, *9*, 11-29.
- Wing, L. (1993). The definition and prevalence of Autism: A review. European Child and Adolescent Psychiatry, *2*, 61-74.