

Université de Montréal

11325300  
V,022

Caractérisation du fonctionnement visuo-constructif dans le vieillissement normal  
et dans la démence de type Alzheimer

par  
Fanny Guérin

Département de psychologie  
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de  
Philosophiæ Doctor (Ph.D.)  
en neuropsychologie

Novembre, 1999

© Fanny Guérin, 1999



BF  
22  
U54  
2000  
V.022

Université de Montréal

Caractérisation du fonctionnement visuo-construcif dans le vieillissement normal  
et dans la démence de type Alzheimer

par  
Fanny Guérin

Département de psychologie  
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de  
Philosophie Doctor (Ph.D.)  
en neuropsychologie



Novembre, 1999

© Fanny Guérin, 1999

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

Caractérisation du fonctionnement visuo-constructif dans le vieillissement normal et dans la  
démence de type Alzheimer

Présentée par:  
Fanny Guérin

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Dr. André Delorme	président-rapporteur
Dr. Sylvie Belleville	directrice de recherche
Dr. Bernadette Ska	codirectrice
Dr. Yves Joannette	membre du jury
Dr. Thérèse Audet	examineur externe
Dr. Roger Godbout	représentant du doyen

Thèse acceptée le: 25 mai 2000

## Sommaire

Les objectifs principaux sont de caractériser le déclin visuo-constructif lié au vieillissement normal et de comparer ce profil à celui observé chez des patients atteints de démence de type Alzheimer à la lumière d'un cadre cognitif du traitement graphique. De telles études visent, entre autres, à l'identification d'outils neuropsychologiques d'évaluation qui permettront de valider le diagnostic de maladie d'Alzheimer du vivant du patient.

Dans un premier temps, nous développons un cadre théorique illustrant le caractère multifactoriel du traitement graphique. Dans un deuxième temps, à partir de ce cadre théorique, nous évaluons directement chez les populations vieillissantes normales et atteintes de démence de type Alzheimer (DTA) trois habiletés sous-jacentes à la copie de figures. L'évaluation de ces dernières dans la DTA permettrait d'observer des différences entre les patients en début d'évolution, compte tenu de l'hétérogénéité dans la DTA, et de caractériser les différents profils de détérioration visuo-constructive selon la sévérité de la démence. Dans un but diagnostique, la comparaison des performances visuo-constructives des personnes âgées normales avec celles des patients DTA devraient apporter des indices de différenciations.

Vingt-quatre sujets de plus de 60 ans et 13 jeunes adultes de moins de 40 ans, de scolarités similaires, ont participé à une première étude. De plus, huit patients qui rencontrent le diagnostic de démence de type Alzheimer probable et 24 sujets contrôles d'âge et de niveau d'éducation similaires ont participé à une deuxième étude. Tous les sujets ont été soumis à plusieurs tâches mesurant des habiletés visuo-constructives sous-tendant la copie de figures : tâches d'exploration visuelle, de jugement des relations spatiales coordonnées et catégorielles, de planification graphique.

Dans la première étude, les performances des sujets âgés sur chaque habileté visuo-constructive sont significativement moins bonnes que celles des jeunes adultes, tel

qu'analysées par le test *t*. De plus, seules les tâches de balayage visuel sont moins sensibles à l'âge.

Dans la deuxième étude, la comparaison de groupes avec le test Mann-Whitney *U* montre que les patients DTA ont significativement plus de difficultés que les contrôles dans la copie de figures aux niveaux de l'exploration visuelle, du jugement des relations spatiales catégorielles et coordonnées, mais pas de la planification graphique. L'analyse des performances individuelles révèle que ce profil visuo-constructif demeure chez tous les patients présentant une apraxie visuo-constructive (AC), indépendamment de la sévérité de la démence. De plus, la sévérité des troubles visuo-constructifs évolue de façon homogène selon la sévérité de la démence. Les tâches d'exploration visuelle sont toutefois plus sensibles à la sévérité de la démence que les tâches de jugement des relations spatiales. Des variabilités individuelles sont également observées sans être forcément reliées à la sévérité de la démence. Des patients présentent des difficultés à juger davantage les relations spatiales catégorielles que coordonnées et d'autres patients présentent le profil inverse. De même, un patient ne présente pas de difficultés à copier des figures.

Ces résultats suggèrent que les habiletés visuo-constructives évaluées ne permettent pas de distinguer qualitativement le vieillissement visuo-constructif normal de l'AC dans la DTA. De plus, la première manifestation de la DTA pourrait ne pas inclure l'AC étant donné que le patient le moins atteint cognitivement avait des performances quantitativement et qualitativement similaires à celles des contrôles. De nombreuses études demeurent à être effectuées de façon à mieux caractériser l'AC en début et en cours d'évolution de la DTA.

Un modèle du traitement graphique ouvre de nombreuses voies dans l'étude de l'AC dans le vieillissement normal et pathologique. L'AC ne peut plus être considérée comme un trouble uniquement présent ou absent dans la DTA, mais un trouble dont les atteintes évoluent au cours de la maladie.

## Table des matières

Sommaire.....	iii
Table des matières .....	v
Liste des tableaux .....	vii
Liste des figures .....	viii
Liste des abréviations.....	ix
Liste des annexes .....	x
Remerciements .....	xii
Dédicace.....	xiv
I.INTRODUCTION.....	1
1.1. Phylogénèse des habiletés visuo-constructives .....	2
1.2. Aperçu historique et théorique de l'apraxie visuo-constructive .....	5
1.3. Ontogénèse des habiletés à dessiner .....	7
1.4. Le déclin du fonctionnement visuo-constructif dans la Démence de Type Alzheimer et le vieillissement normal .....	10
<b>II. ARTICLE 1</b>	
<b><u>Cognitive processing of drawing abilities</u></b> .....	18
Résumé .....	20
1.1. Introduction .....	21
1.2. Brief Historical Overview .....	21
1.3. Drawing and cognition .....	23
1.3.1. Current Theories .....	23
1.3.2. Van Sommers' Model .....	24
1.3.3. Contribution of Kosslyn and Koenig's (1992) Model .....	25
1.3.4. Role of Visual Imagery in Processing Drawings .....	28
1.3.5. Graphic Production .....	32
i. Production strategy .....	32
ii. Planning .....	33
iii. Articulatory and economic constraints .....	34
1.4. Discussion .....	35
<b>III. ARTICLE 2</b>	
<b><u>Characterization of picture copying abilities in normal aging</u></b> .....	38
Résumé.....	40
Introduction .....	41
Méthode .....	47
Sujets.....	47
Tâches.....	48
Résultats.....	53
Discussion.....	57

#### **IV. ARTICLE 3**

<b><u>Characterization of visuoconstructional disabilities in patients with probable dementia of Alzheimer's type.....</u></b>	<b>61</b>
Résumé.....	63
Introduction .....	64
Méthode .....	68
Sujets .....	68
Tâches .....	72
Résultats .....	76
Discussion .....	90
<b>V.DISCUSSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>96</b>
1.1. Résumé des résultats.....	97
1.1.1 Caractère multifactoriel de l'apraxie visuo-constructive .....	97
1.1.2. L'AC dans le vieillissement normal .....	100
1.1.3. L'AC dans la DTA.....	102
1.4. Aperçu des limites de ces études .....	103
1.5. Implication des résultats dans le diagnostic différentiel de maladie d'Alzheimer .....	106
1.6. Implication des résultats dans le domaine de l'apraxie de construction.....	109
1.7. Suggestions pour des recherches futures .....	111
1.7.1 Rôle du fonctionnement pré-morbide dans les habiletés à dessiner .....	112
1.7.2. Autres facteurs pouvant influencer le fonctionnement visuo-constructif.....	113
1.7.3. Études des effets spécifiques et généraux de l'âge sur le traitement graphique ....	115
<b>VI. ANNEXES .....</b>	<b>116</b>
<b>VII. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>152</b>

**Liste des tableaux****Article 2**

Tableau 1: Means, Standard Deviations, and performance highs and lows for each of the test variables .....	54
---	----

**Article 3**

Tableau 1 : Summary table of individual profiles in DAT patients .....	84
--	----



**Liste des figures****Article 3**

FIGURE 1: ..... 71

Relative severity of deficits in the sample of DAT patients. Mean Z scores for performance on tasks measuring four cognitive functions revealed several levels of severity of cognitive alteration.

FIGURE 2: ..... 82

Comparison of group performances on visuoconstructional tasks.

FIGURE 3: ..... 85

Copying deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on two copying tasks.

FIGURE 4: ..... 87

Relative severity of visuoconstructional deficits in the sample of DAT patients. Mean Z scores for performance on tasks measuring visual exploration and judgment of spatial relations.

FIGURE 5: ..... 88

Visual exploration deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on three tasks measuring visual search and detection of differences.

FIGURE 6 : ..... 89

Judgment of spatial relations deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on three tasks measuring judgment of coordinate and categorical relations.

**Liste des abréviations**

AC : Apraxie de construction

CA : Constructional apraxia

CLD: Cérébrolésumé droit

CLG: Cérébrolésumé gauche

DTA : Démence de type Alzheimer

DAT: Dementia of Alzheimer type

LBD: Left brain damaged

MA : Maladie d'Alzheimer

RBD: Right brain damaged

**Liste des annexes**

Annexe 1: .....	116
Formulaire de consentement	
Annexe 2: .....	118
Examen neurologique abrégé du PENO	
Annexe 3: .....	121
Résumé de l'évaluation du PENO	
Annexe 4: .....	123
Exemples de dessins produits par des sujets âgés à la tâche de copie	
Annexe 5: .....	125
Critères de correction de la tâche de copie de figures	
Annexe 6: .....	127
Items de la tâche de planification dont l'ordre d'exécution de chacun est indiqué chez deux sujets âgé et DTA	
Annexe 7: .....	130
Exemples de dessins produits par des sujets âgés et DTA à la tâche de planification	

Annexe 8: .....	132
Exemples d'items des tâches de jugement des relations spatiales coordonnées et catégorielles	
Annexe 9: .....	137
Tâches de balayage visuel	
Annexe 10: .....	142
Exemple d'items de la tâche de détection de différences	
Annexe 11: .....	144
Exemples de dessins de la copie de figures du PENO: maison et cube	
Annexe 12: .....	146
Critères de correction du PENO: copie du carré, du cercle, du cube, de la maison et de la figure complexe de REY	
Annexe 13: .....	150
Déroulement de l'expérience	

## Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier mes directrices de thèse, Dr. Bernadette Ska et Dr. Sylvie Belleville, qui m'ont soutenue sans relâche à travers les différentes étapes de mon doctorat. Leur rigueur, leur esprit critique et leurs connaissances m'ont aidé à développer mes propres habiletés scientifiques en favorisant mon autonomie. Je les remercie de m'avoir toujours fait confiance.

Je tiens également à remercier les différents chercheurs avec qui j'ai eu le plaisir d'échanger durant les dernières années. Ces conversations ont contribué à me stimuler intellectuellement et à m'inspirer. Particulièrement, je remercie Dr. Yves Joannette de son intérêt en mon travail dont il a suivi l'évolution à travers les séminaires de recherches. Nos discussions m'ont été très précieuses dans le développement, entre autres, de mon esprit critique. Je remercie également Dr. André Roch Lecours, Dr. Constant Rainville et Dr. Éric Fimbel pour l'originalité de leurs idées et leur générosité.

Il est important pour moi de remercier également les professeurs et cliniciens qui ont contribué au développement de mes talents cliniques. Merci à Dr. Maryse Lassonde dont la rigueur et le professionnalisme ont contribué à la qualité de l'enseignement clinique que j'ai reçu. Merci à tous mes superviseurs de stage, mais particulièrement à Danielle Desjardin, Gilbert Desmarais et Carole Cressaty qui ont marqué les étapes de mon cheminement clinique.

Je remercie les différentes personnes ressources du centre de recherche. Merci, entre autres, à Cathy Desmarais, Johanne Dupuis, Paule Samson, Marie-Claude Charland, Colette Cerny, Arlette Poissant, Marc Filarétos et André Gamache. Gros merci à Marianne Corre pour son dévouement en tant que documentaliste et son aide précieuse. Merci à Francine Giroux pour ses conseils statistiques.

Merci à Laure, Joan, Sven, Elizabeth et Zofia de m'avoir aidé dans la traduction de mes travaux. Merci également à tous les étudiants ou employés du Centre de recherche qui m'ont partagé leur joie de vivre. Je pense à Anne, Caroline, Éric, Hugo, Laura, Laure, Laurence, Marianne, Nadia, Natacha, Nathalie, Nicole, Sonia, Sven ...Merci

J'aimerais remercier le Fonds de la Recherche en Santé du Québec, le Groupe de Recherche en Neuropsychologie Expérimentale et mes directrices de recherche de m'avoir fourni les moyens financiers nécessaires à la réalisation de mes études doctorales.

Sur un plan plus personnel, je tiens à remercier ma famille, particulièrement Paul, mon époux, qui n'a jamais arrêté de me donner sa confiance, sa compréhension et son amour dans lesquelles j'ai pu puiser la force de passer à travers les différentes difficultés qui se sont présentées sur mon parcours. Enfin, merci à Mona, ma mère, et Pierre et Thalia, mes beaux-parents, pour leur soutien constant.

Merci !

En mémoire de Joan et Thalia,

## **INTRODUCTION**



## I. INTRODUCTION

### 1.1. Phylogenèse des habiletés visuo-constructives

La construction d'objets constitue le premier comportement intelligent caractérisant l'éveil de l'être humain apparu, il y a plus d'un million d'années. Ce dernier a commencé à modifier, combiner et organiser des éléments de façon à composer des outils pour assurer sa survie, lui permettant, par exemple de chasser, de découper de la viande, de sculpter du bois ou de creuser des racines. La construction de ces outils s'est perfectionnée au fil des temps en passant d'une simple pierre taillée à des instruments plus développés et plus diversifiés pour faciliter leur utilisation et répondre à l'étendue des besoins humains. Du premier marteau préhistorique en passant par la roue au 3ème siècle avant J.-C. en allant jusqu'à la voiture, l'avion et la fusée au 20ème siècle, l'humain construit ainsi des instruments et des machines toujours plus complexes en réaction aux contraintes et menaces de son environnement.

De même, afin d'assurer leur protection, les parois des cavernes des premiers hommes deviennent les théâtres où s'animent des scènes colorées de la vie quotidienne. Il y a 30 000 ans, dans plusieurs continents (Europe, Afrique, Asie), les artistes paléolithiques représentaient des animaux et des scènes de chasse sur les parois de leurs cavernes afin de manifester la puissance de leur tribu (Weaver, 1978). Depuis les artistes utilisent le dessin, soit concret soit abstrait, comme un moyen unique d'explorer et d'exprimer, entre autres, leurs croyances, sensations et compréhensions du monde. Dans ce dessein, leur capacité de représentation graphique s'est développée avec le temps.

En effet, la représentation graphique a connu une évolution sur le plan de la phylogenèse. Jusqu'au XVe siècle, les peintres et dessinateurs ne représentaient pas avec réalisme le

monde tridimensionnel qui les entourait. La perspective était souvent suggérée par le placement d'une figure devant une autre. C'est seulement suite à la découverte des règles de la perspective linéaire par Filippo Brunelleschi que les peintres ont pu créer avec réalisme l'espace tridimensionnel sur une surface plane. La représentation bidimensionnelle de la perspective est basée sur des lois élémentaires d'optique, en particulier, sur le fait que les objets éloignés apparaissent plus petits et moins distincts que les objets proches. Cette illusion de profondeur est réalisée avec précision grâce à la reproduction de lignes s'éloignant en profondeur et convergeant vers un point de fuite (Delorme, 1982). Les connaissances sur les règles de la perspective ont permis ainsi à l'être humain de développer sa capacité à reproduire graphiquement son univers réel ou imaginaire.

Outre sa valeur esthétique et sociale, la représentation graphique représente une activité visuo-constructive riche qui peut révéler de nombreuses informations sur le fonctionnement psychique de la personne qui la réalise. D'ailleurs, le dessin graphique est une technique de construction largement employée en psychologie et neuropsychologie comme révélateur, respectivement, de l'inconscient et du fonctionnement cognitif. De plus, sa facilité et sa rapidité d'exécution (papier-crayon) encouragent les neuropsychologues à utiliser cette technique de construction lors de leurs activités cliniques ou de recherche. Le dessin offre, également, une grande variété dans les types de constructions possibles (concret-abstrait, bidimensionnel-tridimensionnel, en copie-sous commande verbale-libre).

Les études en psychologie clinique favorisent le dessin libre qui permet à l'individu de donner libre cours à son imagination, à partir d'un thème ou non, afin de révéler un état affectif difficile à exprimer autrement. Dans ce contexte, les dessins des enfants en difficulté sont étudiés depuis longtemps par les psychanalystes. De même, les dessins artistiques, tels que ceux du Mandala, peuvent dévoiler les pensées et les émotions des patients déments,

impossibles à exprimer verbalement et consciemment compte tenu de leur maladie (Couch, 1997).

Les études en neuropsychologie clinique et cognitive privilégient, plutôt, le dessin dirigé (sous commande verbale ou en copie) qui permet de contrôler le type de production (bidimensionnel-tridimensionnel, concret-abstrait). De cette façon, elles visent à documenter le fonctionnement visuo-constructif normal et à révéler les atteintes cognitives apparaissant suite à une lésion cérébrale focale ou diffuse, dans le but de mieux diriger les interventions cliniques en termes d'évaluation et de réadaptation auprès de patients cérébrolésés.

Particulièrement, le présent travail a comme objectifs principaux de caractériser le déclin visuo-constructif lié au vieillissement normal et de comparer ce profil à celui observé chez des patients atteints de démence de type Alzheimer. Pour réaliser ce projet, l'utilisation d'un cadre cognitif du fonctionnement visuo-constructif devient essentielle pour mettre en évidence les composantes ou systèmes fonctionnels qui se modifient au cours du vieillissement normal et pathologique. En effet, le caractère multifactoriel de l'apraxie visuo-constructive est de plus en plus reconnu. Toutefois, aucun modèle, jusqu'à présent, ne le décrit de façon satisfaisante. Un troisième objectif est donc d'élaborer un modèle cognitif du fonctionnement visuo-constructif; une étape nécessaire dans le développement conceptuel de l'apraxie de construction de façon à l'étudier dans des populations vieillissantes et cérébrolésées. De telles études visent l'identification d'outils neuropsychologiques d'évaluation qui permettront de valider le diagnostic de Maladie d'Alzheimer du vivant du patient.

## 1.2. Aperçu historique et théorique de l'apraxie visuo-constructive

Depuis le début du XXème siècle, les chercheurs étudient les effets d'une lésion cérébrale sur le comportement visuo-constructif à la lumière du cadre conceptuel localisationniste selon lequel la fonction ou faculté psychologique de construction "est considérée comme une entité spécifique, se voit attribuer une localisation cérébrale précise et se trouve connectée à d'autres entités au moyen de voies d'association" (Seron et Jeannerod, 1994). En 1912, Kleist observe et décrit pour la première fois des troubles visuo-constructifs chez une personne cérébrolésée dont les "appareils" d'exécution étaient intacts (absence de troubles paralytiques, ataxiques ou choréo-athétosiques) et qui avait pleine conscience de l'acte à accomplir (Ajuriaguerra et Hécaen, 1960). Kleist et Strauss (1934) introduisent le terme apraxie de construction (AC) pour définir ce trouble de l'action où la forme spatiale de la production (copie d'un modèle) est non conforme au modèle en l'absence d'apraxie pour les mouvements individuels (dans Benson et Barton, 1970). Selon Kleist, Seelert, Poppelreuter et Schlesinger (dans Critchley, 1953), l'AC est alors expliquée par une rupture des connexions reliant le centre des images visuelles à celui des images kinesthésiques.

Au départ, étant donné les premières observations anatomo-cliniques et son association avec le syndrome de Gerstmann, l'AC est conçue comme survenant uniquement suite à des lésions hémisphériques gauches, plus particulièrement du lobe pariétal (Ajuriaguerra et Hécaen, 1960). Lorsque Lange (1936) et Dide (1938) attribuent la spécialisation de l'hémisphère droit à l'organisation spatiale, les scientifiques finissent par envisager que la manifestation d'une AC puisse faire suite à des lésions pariétales droites (dans Signoret et North, 1979) et commencent à étudier les effets de lésions cérébrales droite et gauche sur les habiletés à dessiner.

Ces études mettent en évidence l'existence de deux types d'AC (e.g., Benton 1973; Gainotti et Tiacci, 1970; Hécaen et Assal; 1970, McFie et Zangwill, 1960; Piercy, Hécaen et Ajuriaguerra, 1960). Les productions graphiques des patients cérébrolésés droits (CLD) révèlent le plus souvent une perte des relations spatiales, des signes d'héminégligence, une difficulté à représenter la perspective, une copie du modèle décousue et une tendance à orienter les dessins dans la diagonale de la feuille (voir dans Gainotti et Tiacci, 1970). La réalisation de ces erreurs suggère que les lésions hémisphériques droites produisent des troubles du traitement visuo-spatial. D'ailleurs, l'agnosie visuo-spatiale serait davantage corrélée à l'AC lors de lésions droites que lors de lésions gauches (Costa et Vaughan, 1962; Warrington et James, 1967; dans Gainotti, 1979). À l'inverse, les productions graphiques des patients cérébrolésés gauches (CLG) sont plutôt sursimplifiées et contiennent des erreurs de persévérance sur les relations spatiales (voir dans Gainotti et Tiacci, 1970; Moore et Wyke, 1984) suggérant que les lésions hémisphériques gauches provoquent des troubles du fonctionnement des processus exécutifs. De plus, Luria et Tsvetkova (1964), et Pillon (1981) démontrent que ces deux manifestations de l'AC, perceptive et exécutive, s'observent également lors, respectivement, de lésions postérieures et antérieures d'un même hémisphère.

Toutefois, l'identification de deux types d'AC va à l'encontre du modèle anatomo-clinique original selon lequel l'AC serait une entité spécifique. Dans cette perspective, plusieurs chercheurs tentent d'interpréter les différences observées de façon à ce qu'une différence quantitative plutôt que qualitative traduise les AC suite à de lésions droite et gauche (Piercy et Smith, 1962; Gainotti, D'Erme et Diodato, 1985). Certains proposent que les différences entre les patients CLD et CLG ne sont pas dues aux difficultés de programmation des patients CLG, mais à l'héminégligence qui apparaît seulement chez des patients CLD (Gainotti, Miceli et Caltagirone, 1977). De plus, les troubles perceptifs seraient mieux compensés suite à une lésion gauche que suite à une lésion droite (Piercy et Smith, 1962; Dee, 1970; Gainotti et Tiacci, 1970; Arena et Gainotti, 1978; Bruyer, Seron et Vankeerbergen, 1982). D'ailleurs, il

existe des données empiriques en faveur de l'existence d'une différence quantitative. En effet, lors de lésions droites, les AC répertoriées sont nombreuses et plus sévères que lors de lésions gauches (Ajuriaguerra et Hécaen, 1960; Benson et Barton, 1970; Benton, 1973; Gainotti et al., 1972; Piercy et Smith, 1962). Cependant, cette différence quantitative peut résulter d'un biais dans la sélection des sujets. Les patients CLG avec de sévères troubles de langage seraient exclus des échantillons contrairement aux patients CLD sévères. D'ailleurs, les patients CLG présentent autant d'AC que les patients CLD lorsque la sévérité de l'atteinte est contrôlée (Arena et Gainotti, 1978; Benton, 1973; Kirk et Kertesz, 1989; Villa, Gainotti et De Bonis, 1986)

Parallèlement à ce débat sur le caractère multifactoriel de l'AC, la définition de cette dernière se précise de plus en plus. D'un trouble considéré comme unitaire, soit sur le plan spatial, soit sur le plan exécutif (Kleist, 1934; Critchley, 1953; dans Benson et Barton, 1970), l'AC est maintenant reconnue comme un trouble complexe résultant de l'intégration de plusieurs habiletés (Carlesimo, Fadda et Caltagirone, 1993). Une définition qui exprime bien cette intégration d'habiletés est celle de Benton (1967). Ce dernier définit l'AC comme un "trouble dans l'activité de combiner et d'organiser des éléments qui doivent être préalablement perçus et dont les interrelations doivent être appréhendées pour parvenir à reconstituer l'ensemble" (Benton, 1967; traduit dans Ska, 1991).

### **1.3. Ontogenèse des habiletés à dessiner**

Malgré l'absence d'un cadre théorique clair du traitement graphique, l'observation et l'analyse descriptive des dessins d'individus de différents âges ont pu tout de même révéler une évolution de la représentation graphique sur le plan de l'ontogenèse. En effet, les études sur le développement ont mis en évidence une variation dans les habiletés à dessiner durant la vie d'un individu, témoignant de la croissance cognitive de l'enfant et inversement

du déclin cognitif lors du vieillissement normal. Le dessin de l'enfant passe par un certain nombre de phases qui évoluent parallèlement au développement intellectuel. Avant l'âge de 8-9 ans, l'enfant ne dessine pas ce qu'il voit (Chen & Cook, 1984; Cox, 1989; Luquet, 1927, dans Piaget, 1966; Phillips, Hobbs, & Pratt, 1978). Selon Luquet (1927, dans Piaget, 1966), il commence par faire du gribouillage en découvrant fortuitement des formes en cours de route (réalisme fortuit). L'enfant reproduit plus tard des formes et construit des objets, mais en juxtaposant des éléments au lieu de les coordonner en un tout (réalisme manqué). Par exemple, il va dessiner un chapeau bien au-dessus de la tête d'un bonhomme ou il va mettre des boutons à côté de son corps. La troisième phase est celle du réalisme intellectuel dans lequel l'enfant dessine ce qu'il sait de l'objet. Il dessine en se basant sur des schèmes de représentations qui lui sont propres. Il dessine les attributs conceptuels de l'objet sans se soucier du fait que tous ne sont pas visibles simultanément. Par exemple, il va dessiner deux yeux à un visage de profil parce qu'il sait qu'un bonhomme a deux yeux. Durant cette phase, l'enfant présente toutefois, déjà des intuitions topologiques. À partir de 8-9 ans, l'enfant a la capacité de ne plus représenter ce qu'il sait de l'objet mais bien ce qu'il en voit. Dans cette dernière phase, l'enfant perçoit la structure de la figure comme un modèle abstrait. Il dessine d'un point de vue particulier ce qui est visible et ne figure plus les parties cachées. À ce niveau de maturité, l'enfant a alors la capacité d'apprendre à représenter la tridimensionnalité sur une surface plane.

Cependant, cette capacité à dessiner développée et apprise durant l'enfance décline lors du vieillissement normal. En comparaison à des jeunes adultes, les aînés démontrent des difficultés à dessiner de mémoire et à copier des figures bidimensionnelles abstraites ou concrètes comme la figure complexe de Rey et une bicyclette (Ardila et Rosselli, 1989; Chiulli, Haaland, LaRue, & Garry, 1995; Moore et Wyke, 1984; Ska, Désilets, & Nespoulous, 1986; Ska, Dehaut, & Nespoulous, 1987) et des figures tridimensionnelles comme le cube (Moore et Wyke, 1984; Ska, Désilets, & Nespoulous, 1986). Leurs dessins

sont simplifiés et moins bien organisés que ceux des jeunes adultes (Ska, Martin et Nespoulous, 1988). De plus, ils présentent des difficultés à reproduire les rapports métriques et topologiques (Ska, 1987).

La comparaison des productions graphiques des personnes âgées normales avec celles des populations cérébrolésées ou des enfants constitue, jusqu'à présent, l'approche prédominante pour caractériser le vieillissement visuo-constructif. Cela permet de situer ce dernier par rapport au développement intellectuel durant l'enfance et aux profils de détérioration cognitive de patients cérébrolésés. Dans ce contexte, plusieurs hypothèses ont été proposées concernant la caractérisation du vieillissement visuo-constructif. Toutefois, cette démarche ne tient pas compte du caractère multifactoriel du fonctionnement visuo-constructif qui ne peut être étudié dans le vieillissement normal par des analyses descriptives des productions graphiques. Les effets de l'âge sur le traitement graphique demeurent alors imprécis et ne peuvent clairement être différenciés des effets du vieillissement pathologique.

Ce manque de clarté sur les caractéristiques du vieillissement visuo-constructif illustre la nécessité de développer un cadre théorique tenant compte du caractère multifactoriel du traitement graphique. Dans ce contexte, le premier article présenté dans ce travail, intitulé "Cognitive Processing of Drawing Abilities", se veut une réflexion critique sur le caractère multifactoriel du traitement graphique à la lumière des modèles théoriques de la neuropsychologie et psychologie cognitive. Différents modèles des habiletés de construction graphique sont présentés (Farah, 1984; Kosslyn et Koenig, 1990; Roncato, Sartori, Masterson, & Rumiati, 1987.; van Sommers, 1989). Les liens et les différences entre les modèles proposés sont ensuite examinés de façon critique dans le but d'identifier différents composants et systèmes fonctionnels du traitement graphique, en condition de copie et de mémoire. Selon ce modèle, les habiletés visuo-constructives seraient sous-tendues par un



certain nombre de composantes et systèmes cognitifs qui peuvent être atteints de façon distincte par une lésion cérébrale. En plus de permettre d'identifier les composantes et sous-systèmes visuo-constructifs qui déclinent avec l'âge, un tel cadre théorique favorisera une étude systématique des caractéristiques de l'AC dans le vieillissement pathologique dont la démence de type Alzheimer (DTA) qui ne peut pas être diagnostiquée avec certitude du vivant du patient. De cette façon, les effets de l'âge pourront être davantage différenciés de ceux de la DTA sur les habiletés à dessiner lors de l'évaluation neuropsychologique dans un but diagnostique.

#### **1.4. Le déclin du fonctionnement visuo-constructif dans la Démence de Type Alzheimer et le vieillissement normal**

La maladie d'Alzheimer (MA) est une maladie neurodégénérative qui est la cause du plus grand nombre de démence dans la population. La MA ne pouvant être diagnostiquée que suite au décès, le terme de démence de type Alzheimer (DTA) est plutôt utilisé pour désigner l'affection dont souffre le patient. La DTA est un trouble neurologique affectant le comportement et le fonctionnement cognitif de façon progressive. Plus précisément, selon les critères du DSM-IV de l'American Psychiatric Association (1995), elle est mise en évidence par 1) un déclin des habiletés intellectuelles suffisant pour interférer avec les fonctions sociales et occupationnelles, 2) la présence de troubles de mémoire et 3) la présence d'au moins une des manifestations suivantes : troubles de la pensée abstraite, du jugement; changement de personnalité ou autres troubles des fonctions corticales supérieures (ex. : aphasie, agnosie ou apraxie dont difficulté de construction).

Étant donné que les lésions cérébrales causant cette maladie se situent au niveau cellulaire, la maladie d'Alzheimer (MA) ne peut être diagnostiquée avec certitude que par un examen

histologique des tissus cérébraux suite au décès du patient. L'examen histologique révèle la présence de plaques séniles, de lésions d'angiopathie amyloïde, de dégénérescences neurofibrillaires et granulo-vacuolaires, ainsi que la diminution d'acétylcholine ou de somatostatine dans les neurones du cortex cérébral des patients atteints de MA (Zec, 1993). Excluant les rares cas confirmés par biopsie, la détection rapide de cette maladie dépend de décisions cliniques basées sur des critères d'exclusion et d'inclusion conduisant à un diagnostic de démence de type Alzheimer (DTA) probable ou possible (McKhann, Drachmann, Folstein, Katzman, Price, & Stadlan, 1984). Une évaluation neuropsychologique est recommandée comme méthode de confirmation du diagnostic clinique en utilisant une procédure qui permet de mettre en évidence les déficits cognitifs. Les études qui concentrent leur effort sur la compréhension du dysfonctionnement visuo-constructif lié à la DTA sont susceptibles d'apporter des données neuropsychologiques spécifiques permettant de différencier en début d'évolution ce type de démence des démences curables ou du vieillissement normal.

Toutefois, l'établissement d'une frontière claire entre le fonctionnement visuo-constructif de la DTA et celui du vieillissement normal rencontre plusieurs obstacles. Les difficultés à dessiner associées aux premiers stades de la démence de type Alzheimer (DTA) (Ajuriaguerra, De Muller, & Tissot, 1960; Edwards, Baum & Deuel, 1991; Rosen, 1983) sont semblables à celles qui sont observées dans le vieillissement normal. Comme les aînés neurologiquement sains, les patients DTA rencontrent des difficultés dans le dessin sous commande verbale ou en copie de figures bidimensionnelles et tridimensionnelles concrètes ou abstraites telles que l'horloge, la figure complexe de Rey et le cube (Brouwers, Cox, Martin, Chase, & Fedio, 1984; Berry, Allen & Schmitt, 1991; Becker, Huff, Nebes, Holland, & Boller, 1988; Freedman & Dexter, 1991; Huff, Becker, Belle, Nebes, Holland, & Boller, 1987; Mendez, Ala & Underwood, 1992; Mohr et al., 1990; Moore & Wyke, 1984; Rouleau, Salmon & Butters, 1996; Sunderland et al., 1989; Tuokko,

Hadjistavropoulos, Miller, & Brattie 1992; Wolk-Klein, Silverstone, Levy, Brod, & Brever 1989). La différence entre les deux populations semble uniquement basée sur la sévérité du déficit. L'analyse des erreurs commises dans les productions graphiques révèle que les patients DTA font plus souvent des erreurs d'omission, de simplification et de confabulation que les personnes âgées normales (Brantjes & Bouma, 1991) et ils ont plus de difficultés à reproduire les rapports topologiques (Ska, 1987).

L'hétérogénéité observée dans les manifestations cognitives de la DTA et du vieillissement normal est un autre facteur complexifiant le tracé de la frontière entre le vieillissement visuo-constructif normal et pathologique. L'âge n'affecte pas les habiletés à dessiner de tous les individus. La moitié des sujets de l'échantillon de Moore et Wyke (1984) ne démontrent pas de problèmes à représenter le cube. Cette constatation va dans le sens de l'hypothèse générale d'une variabilité dans le déclin cognitif lié au vieillissement normal (Albert, Duffy, & Naeser, 1987; Valdois & Joannette, 1991; Valdois, Joannette, Poissant, Ska, & Dehaut, 1990). La variabilité interindividuelle tend d'ailleurs à augmenter avec l'âge (Nelson & Dannefer, 1992; Morse, 1993). Certains sujets ont des difficultés cognitives marquées alors que d'autres montrent un déclin minimal ou nul (Eslinger & Benton, 1983; Benton & Sivan, 1984). De plus, lorsque les sujets présentent des déficits liés à l'âge, ils ne sont pas affectés sur toutes les fonctions cognitives de manière similaire (Albert & Duffy, 1987). Cette variabilité est reflétée par l'existence de six sous-groupes dans l'étude de Valdois et al. (1990). Mais ce sont essentiellement des différences quantitatives qui sont observées entre les personnes âgées de cette étude. Seuls deux sous-groupes sur six présentent des profils qualitativement différents. Alors que les performances des sujets d'un de ces sous-groupes sont particulièrement faibles aux épreuves de langage de répétition de mots et élevées à la copie de la figure complexe de Rey, les sujets d'un autre sous-groupe présentent le profil inverse (Valdois et al., 1990).

De même, les patients DTA ne connaissent pas tous des problèmes dans les tâches visuo-constructives (Becker et al., 1988; Huff et al., 1987). De plus, ils ne font pas tous les mêmes types d'erreurs dans leurs performances graphiques. Dans l'étude de Brantjes et Bouma (1991), deux patients sur dix ne font pas d'erreurs de persévération dans la copie de dessins. Il reste à vérifier si ces observations s'expliquent en termes d'une variabilité inter- et intra-fonctionnelle au début tout comme en cours d'évolution de la DTA.

Une hétérogénéité inter-fonctionnelle, i.e. dans les manifestations des profils cognitifs, des patients DTA en début d'évolution est souvent constatée (Joanette, Ska, Poissant, & Giroux, 1994; Joanette, Melançon, Ska, & Lecours, 1993; Martin, Brouwers, Lalonde, Cox, Teleska, Fedio et al., 1986; Mayeux, Stern, & Spanton, 1985). Martin et al. (1986) soulignent 5 sous-groupes de patients ayant des profils de déficits différents. Suite à la passation d'une batterie de tests neuropsychologiques, les auteurs rapportent que 60 % des patients DTA présentent des déficits semblables dans les tâches praxiques, linguistiques, mnésiques et gnosiques. Par contre, 21 % des patients montrent des troubles disproportionnés dans les habiletés spatiales relativement aux habiletés verbales, alors que d'autres (19 %) montrent le profil inverse. Dans l'étude de Neary et al. (1986), la majorité des patients DTA présentent le syndrome aphaso-apraxo-agnosique. Cependant, certains patients présentent des troubles mnésiques importants, comparativement à de légers troubles constructifs et linguistiques, tandis que d'autres patients présentent des troubles constructifs importants et de légers troubles linguistiques. Plusieurs auteurs constatent également l'existence d'une diversité dans l'expression des troubles praxiques des patients DTA (voir Ska, 1994). Par exemple, certains DTA ont une performance gestuelle semblable à celle de certains normaux (Ska, 1994).

Une hétérogénéité intra-fonctionnelle (i.e. entre les composantes d'une même fonction cognitive) chez les patients DTA, en début d'évolution, a aussi été rapportée (Belleville et al., 1996; Joannette, Ska, Poissant, & Giroux, 1994; Ska, Joannette, Poissant, Béland, & Lecours, 1990). Par exemple, Ska et al. (1990) montrent que les sous-composantes du langage peuvent être affectées de façon hétérogène. Les premières atteintes du langage se manifestent majoritairement par des troubles lexico-sémantiques et ensuite par des troubles syntaxiques et phonologiques. Mais, des patients connaissent le profil inverse ou rencontrent uniquement des déficits au niveau syntaxique.

De plus, quoique source d'informations intéressantes, l'analyse descriptive des performances graphiques et les modèles anatomo-cliniques du comportement visuo-constructif ne permettent pas de caractériser avec précision les atteintes visuo-constructives dans la DTA. Les erreurs dans les performances graphiques des patients cérébrolésés droits et gauches ont servi de modèles de comparaison. Mais, les patients DTA ne montrent un profil comparable ni aux patients CLD ni aux patients CLG quant aux types d'erreurs commises dans les dessins. En fait, des patients DTA présentent des caractéristiques communes à la fois aux patients CLD et CLG, mais leur performance n'est identique à aucun d'eux pris séparément (Kirk & Kertesz, 1991; Moore & Wyke, 1984). Comme les patients CLG, les patients DTA font des erreurs de persévérations, d'omission (Moore & Wyke, 1984), de simplification et ils réduisent le nombre d'angles (Kirk & Kertesz, 1991); comme les patients CLD, ils ne représentent pas correctement les relations spatiales et la perspective (Kirk & Kertesz, 1991) et ils montrent des caractéristiques de fragmentation (Moore & Wyke, 1984). Kirk et Kertesz (1991) concluent que des déficits à la fois visuo-spatiaux et exécutifs sous-tendent l'AC dans la DTA.

Néanmoins, certaines erreurs sont spécifiques aux patients DTA. Les dessins sous commande verbale des patients DTA sont plus pauvres que ceux des patients CLG: plus de

détails manquent. Leurs dessins copiés sont moins complexes que ceux des patients CLD sans évidence d'héminégligence gauche (Moore & Wyke, 1984). Selon Moore et Wyke (1984), les déficits observés chez ces patients ne correspondraient donc pas à un fractionnement de déficits discrets mais à une incapacité à intégrer des caractéristiques séparées d'un objet en un tout cohérent. Cette incapacité serait due à des déficits attentionnels.

En revanche, Brantjes et Bouma (1991) proposent que plusieurs déficits, et non un seul, occasionnent l'AC dans la DTA. Pour ces auteurs, il est risqué de ne rechercher qu'une atteinte car d'autres, tout aussi importantes, pourraient être omises. Ils favorisent une analyse poussée des erreurs commises dans les dessins afin d'en déduire le déficit correspondant. Une même erreur sous-tendrait différentes atteintes, mais serait relative à la tâche visuo-constructive employée. Les déficits correspondant aux erreurs d'omission dans les dessins exécutés suite à un ordre verbal pourraient alors être liés à une perte des connaissances sémantiques de l'objet, à un trouble dans la représentation visuelle des objets ou à une incapacité à générer des images visuelles à partir de la mémoire sémantique. Les erreurs de persévération des dessins copiés manifesteraient un seul type d'atteinte, celui des fonctions exécutives (Brantjes & Bouma, 1991). Enfin, les erreurs de confabulation, de simplification et de stéréotypie dans la production des patients refléteraient, selon ces mêmes auteurs, des stratégies compensatoires afin de combler l'absence de perception des caractéristiques essentielles d'un objet. Par ailleurs, parce que dans une tâche de dessin de l'horloge, les patients DTA ont de meilleures performances en condition de copie que de commande verbale, quelques auteurs interprètent leurs troubles à dessiner comme reflétant non pas des difficultés graphiques, motrices ou visuo-perceptives mais une détérioration des connaissances sémantiques (Rouleau, Salmon, & Butters, 1996; Libon, Malamut, Swenson, Sands, & Cloud, 1996). Ces divergences entre les auteurs sont dues à l'inférence a posteriori de la nature des séquelles à partir des erreurs commises dans le dessin qui peuvent être multiples et représenter une combinaison d'atteintes.

Ce manque de précision de la caractérisation de l'AC dans la DTA dont la mise en évidence d'une hétérogénéité et ce manque de distinctions qualitatives de l'impact de l'âge sont accentués par l'absence de cadre théorique cognitif du fonctionnement visuo-constructif. Dans cette perspective, le présent travail vise à évaluer directement chez les populations vieillissantes normales et DTA différentes habiletés sous-jacentes au traitement graphique, selon le modèle théorique présenté dans le premier article. Les habiletés graphiques des aînés sont étudiées et rapportées dans le deuxième article intitulé " Graphical Processing in Normal Aging ". Le fonctionnement des habiletés à dessiner en condition de copie d'un groupe de personnes âgées de plus de 59 ans y est comparé à celui d'un groupe de jeunes adultes de moins de 40 ans de scolarité similaire. Le troisième article intitulé " Characterization of Constructional dysfunction in patients with Dementia of Alzheimer's Type " vise à déterminer les profils visuo-constructifs de huit patients DTA à différents stades d'évolution de détérioration cognitive en comparant le fonctionnement de leurs habiletés à dessiner en condition de copie à celui d'un groupe de personnes d'âge et de scolarité similaires.

En résumé, la caractérisation du fonctionnement visuo-constructif et la variabilité des performances visuo-constructives dans le vieillissement normal et la DTA demeurent imprécises. Cela nuit à la différenciation du vieillissement visuo-constructif normal et démentiel de type Alzheimer. Cette distinction est importante à effectuer de manière à ce que les données neuropsychologiques permettent de valider le diagnostic de maladie d'Alzheimer du vivant du patient de façon précoce. Le manque de cadre théorique cognitif du fonctionnement visuo-constructif ajoute à la difficulté de délimiter une frontière entre ces deux populations. Dans ce contexte, les caractéristiques des performances visuo-constructives liées au vieillissement normal et à la démence de type Alzheimer seront vérifiées en fonction de l'état de la compréhension des mécanismes sous-jacents au traitement graphique. Une évaluation de ce traitement devrait permettre d'observer des différences entre les profils de

performances des patients en début d'évolution compte tenu de l'hétérogénéité dans la DTA, et de caractériser les différents profils de détérioration visuo-constructive selon la sévérité de la démence. De cette façon, le présent travail ouvre et s'engage dans une nouvelle voie vers l'identification d'indices différentiels entre la DTA et le vieillissement normal.



**Premier article**

Cognitive processing of Drawing abilities

publié dans *Brain and Cognition*, 40, 466-478, 1999

## Cognitive Processing of Drawing Abilities

Fanny Guérin,<sup>1,3</sup> Bernadette Ska,<sup>2,3</sup> and Sylvie Belleville<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département de Psychologie, Université de Montréal.

<sup>2</sup> Département d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal.

<sup>3</sup> Centre de Recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Québec, Canada.

Correspondence and reprint requests should be addressed to Fanny Guérin, Centre de recherche de l'institut universitaire de gériatrie de Montréal, 4565 Queen-Mary Road, Montreal, Quebec, Canada, H3W 1W5.

---

### Abstract

This critical review examines constructional apraxia from a cognitive neuropsychological perspective. To our knowledge, van Sommers (1989) is the only researcher to present a global cognitive model of drawing abilities. He organizes it into two hierarchical systems: Marr's model of visual perception and a graphic production system. The latter comprises four hierarchically organized components: depiction decisions, production strategy, contingent planning and articulatory and economic constraints. Van Sommers' model will be discussed in light of other models and on the basis of empirical neuropsychological studies (Farah, 1984; Kosslyn & Koenig, 1992; Roncato et al., 1987; van Sommers, 1989). We find that: 1. Kosslyn & Koenig's visual perception model describes more accurately the perceptual components underlying copying than the visual perception system of van Sommers' drawing model 2. Van Sommers' arguments in favor of a depiction processing as opposed to visual imagery are not convincing. 3. Van Sommers' assumption that a production strategy is a component is unclear. 4. Finally, we propose that articulatory and economic constraints are not cognitive components, but constraints imposed during action programming. This literature review leads to a discussion of future research topics and the specificity of constructional apraxia.

**Keywords:** apraxia, drawing, cognition

## **1.1. INTRODUCTION**

Constructional apraxia (CA) is the most common form of apraxia observed in neuropsychological evaluations (Signoret & North, 1979). Paradoxically, there has been little progress in understanding CA processing since it was first described by Kleist in 1912. This slow development reflects both a lack of theoretical interest in this syndrome and the complexity of its componential nature. CA may indeed seem less fascinating to researchers than aphasia or agnosia, given its less striking manifestations. Furthermore, researchers have long adhered to a unitary conception of CA.

To add to the difficulty, CA has generally been studied descriptively, following an anatomo-clinical approach. This framework has not been successful in grasping the componential nature of the processing deficits underlying CA. By contrast, cognitive neuropsychology allows one to identify the components underlying normal cognitive processing. Thus, the theoretical analysis of drawing that is currently emerging could be the basis for cognitive studies seeking to characterize the nature of CA observed in different pathologies. The goal of this paper is to clarify how drawing abilities are processed, by describing and discussing different cognitive theories and studies, and selecting elements from several.

## **1.2. Brief Historical Overview**

Research at the beginning of this century was characterized by a localizationist associationist theoretical trend. According to this conceptual framework, each process or psychological faculty is considered to be a specific entity that corresponds to a particular cerebral region and is connected to other associated entities (Seron & Jeannerod, 1994). During this period, in 1913, Kleist observed and described one patient's difficulty copying figures despite the absence of any visual or motor deficit (Benson & Barton, 1970). In 1934, Kleist and Strauss introduced the term "constructional apraxia (CA)" to denote this deficit (Benson & Barton,

1970). Kleist described CA as a disturbance that is manifested "in formative activities such as assembling, building and drawing in which the spatial form of the product proves to be unsuccessful, without there being an apraxia for individual movements" (Benson & Barton, 1970, p. 20).

Researchers attempted to localize this deficit in a particular cerebral region. Convinced by the initial anatomic-clinical observations and the associations with Gerstmann's syndrome, researchers initially believed that CA occurred only following left-hemisphere lesions, particularly in the parietal lobe (Ajuriaguerra & Hécaen, 1960). The fact that in 1936 Lange and Dide reported the role of the right hemisphere in spatial organization did not have much of an impact on this conception of CA (Signoret & North, 1979). Ten years later, researchers began doing anatomic-clinical studies of CA in relation to the lateralization of the lesion.

In such studies, the manifestations of CA in right-brain-damaged (RBD) patients and left-brain-damaged (LBD) patients are compared using a descriptive methodology. The errors made in the production of drawings are analyzed in order to infer the patients' main deficits. Qualitative differences are in fact observed between the performances of subjects from the two populations. Drawings by RBD patients most often reveal a loss of spatial relations, signs of unilateral visual neglect, difficulty reproducing dimensionality, a piecemeal copy of the model and a tendency to orient drawings diagonally on the page. These errors suggest that right-hemisphere lesions affect the processing of visuo-spatial information. Moreover, visuo-spatial agnosia seems to be more closely related to CA following right-hemisphere lesions (Gainotti, 1979). By contrast, the LBD patients' copies of drawings are somewhat oversimplified and contain perseverative errors affecting spatial relations (Gainotti & Tiacci, 1970; Moore & Wyke, 1984). Thus, left-hemisphere lesions seem to result in CA due to deficits in executive processing (Benton 1973; Gainotti & Tiacci, 1970; Hécaen & Assal, 1970; McFie & Zangwill, 1960; Piercy, Hécaen, & Ajuriaguerra, 1960).

Nonetheless, the claim that there are qualitative differences between AC in RBD and LBD patients is contested. Piercy & Smith (1962) and Gainotti et al. (1985) undertake to demonstrate that the only differences between CAs resulting from left and right lesions are quantitative. Piercy & Smith (1962), Dee (1970), Gainotti & Tiacci (1972), Arena & Gainotti (1978), and Bruyer, Seron, & Vankeerbergen. (1982) propose that perceptual problems are, in fact, equally present in apraxic RBD and LBD patients, but they are better compensated in the case of left-hemisphere lesions. Gainotti, Miceli & Caltagirone (1977), however, claim that the difference between RBDs and LBDs is due to unilateral visual neglect by RBD individuals rather than LBDs' programming difficulties. Thus, opinions diverge regarding the existence of the different types of CA.

Further progress cannot be made if we remain within the associationist framework that aims to understand the neurological pathways rather than the cognitive processing underlying CA. In this framework, precise cognitive assessment is not critical. Instead, researchers study CA on the basis of production errors that are categorized a priori and that could therefore reflect various types of deficits. By contrast, cognitive neuropsychology analyzes brain-damaged patients' behavior for the knowledge this impart to normal cognition. Thus, the theoretical framework of cognitive neuropsychology is more appropriate for understanding the componential nature of the processing deficits underlying CA.

### **1.3. Drawing and Cognition**

#### **1.3.1. Current Theories**

A number of researchers have identified certain cognitive components of the processing of drawings (Farah, 1984; Kosslyn & Koenig, 1992; Roncato et al., 1987; van Sommers, 1989). However, to our knowledge, van Sommers (1989) is the only one to present a global

cognitive model of drawing abilities. Farah (1984) concentrates on the relationship between visual imagery and copying or drawing from memory. Roncato et al. (1987) identify certain cognitive components that underlie copying. However, they suggest a propositional model rather than a cognitive one. Kosslyn & Koenig (1992) identify components involved in the visuo-spatial analysis of copying in a visual perception model not specifically developed for drawing. Nevertheless, each of these authors contributes some elements of understanding of the processing of drawing abilities. This present paper will discuss van Sommers' (1989) model in light of these other studies.

### **1.3.2. Van Sommers' Model**

Van Sommers (1989) describes two hierarchical systems of drawing: one for perception and one for graphic production. He uses Marr's three-stages model to describe the perceptual processing of copying. In the first processing system (a 2D representation), an image is transformed into a primitive description based on changes in intensity. At this stage, the picture and the background are not distinguished. Then, a 2½-D representation including the properties of the image surface, such as its orientation and its distance from the viewer, is encoded on a viewer-centered coordinate system. Finally, a 3D structure of an object-centered representation is accomplished. Forms and spatial organizations are described using a hierarchical modular representation that includes both volume and surface.

The second processing system is composed of four hierarchically organized graphic production components. When copying real objects or drawing from memory, the drawer makes a set of hypothetical choices about the characteristics of the drawing (e.g. dimensionality, orientation, amount of detail). Van Sommers (1989) called this component *depiction decisions*. The drawing is then segmented into parts that determine the *production strategy*. Two kinds of segmentation are observed during the copying of a pattern. The first

one is hierarchical. The second results in a line-by-line drawing irrespective of the picture's organization. Segmented parts are selected and ranked so that they can be reproduced in an appropriate sequence. Van Sommers calls this stage *contingent planning*. This planning, which is akin to problem solving, is distinguished from routine planning. The former is required when a drawing must be started in an unusual way. The latter corresponds to the automatic execution of a conventional drawing that does not require problem solving, such as a drawing of the sun. *Articulatory and economic constraints* are imposed on the drawer by the use of a pencil. The disposition of the hand and fingers, i.e. the opening, rotation and direction of the hand, guides the movement of the line drawing. Certain directions in the movement are favoured, as representing "canonic directions". Hence, picture parts are directed, ordered and started following the same movements for all right-handed drawers. Articulatory constraints are not respected when movements can be economized, i.e. when the number of executive commands can be reduced. Thus, contact with the paper is maintained when the characteristics of the picture, e.g. its size, permit.

Van Sommers' (1989) drawing model is the first to describe both perceptual and graphic production systems in the cognitive processing of drawing abilities. However, some of these systems and components could be better described both in light of other models and on the basis of empirical neuropsychological studies. In the next sections, we will discuss the role of perception, imagery and graphic production in drawing abilities (Farah, 1984; Kosslyn & Koenig, 1992; Roncato et al., 1987; van Sommers, 1989). We will also address the specificity of different drawing components.



### 1.3.3. Contribution of Kosslyn and Koenig's (1992) Model

Marr's object recognition system does not encompass all the perception mechanisms underlying drawing. For this reason, van Sommers (1989) adds parallel links between the perception and graphic production systems. He also insists on long and short-term visual representations as well as a semantic system that permit drawing from memory. However, this addition is probably insufficient to account for all aspects of drawing. Top-down processing and the encoding of spatial properties from a bottom-up pathway, which Marr either ignored or never explicitly developed, are also involved in drawing (Kosslyn & Koenig, 1992; Roncato et al. 1987). Inspired by Marr's and Posner's ideas, Kosslyn & Koenig (1992) built a computer model that clarifies the role of these processing systems (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990). Thus, this model is better able to encompass the perception mechanisms underlying drawing.

According to Kosslyn & Koenig (1992), the treatment of spatial properties (dorsal system) rather than physical properties (ventral system) underlies drawing within the bottom-up pathway. The treatment of spatial properties includes the encoding of *categorical and coordinate relations*. This distinction is possible in drawing because these two kinds of spatial relations are encoded in parallel (Hellige & Michimata, 1989; Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1992). The encoding of categorical relations involves the spatial relations between two objects or parts of an object that remain stable despite their position (e.g. connected to, at the left, on the side). For example, position and orientation are processed at this stage. On the other hand, coordinate relations encode metric relations between objects or parts of an object, such as, on a face, the distance between the eyes or between the nose and the mouth. Thus, the encoding of coordinate relations allows one to estimate distance and

guides movements and actions. An impairment in the encoding of both types of spatial relations results a disorganized, piecemeal drawing (Kosslyn & Koenig, 1992).

Moreover, in light of Kosslyn & Koenig's (1992) visual perception model, it can be inferred that a *spatiotopic mapping* component from the dorsal subsystem also underlies drawing. Its role is to locate objects in space and place their coordinates inside a unique reference frame. We hypothesize that an impairment to spatiotopic mapping, which causes simultagnosia (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990), could result in neglect of part of the drawing.

Finally, Kosslyn and Koenig (1992) formulate a top-down processing system that verifies hypotheses about properties of an object (*properties look-up*) which they call *top-down hypothesis testing*. In addition to the properties look-up subsystems (i.e. coordinate, categorical, and *categorical-coordinate conversion*), an *attentional shifting* subsystem adjusts the position of the eyes, head and body as well as the location and size of the *attentional window* on different parts of an object. Impairment of various levels of this system could result in difficulties with stimuli localization or visual search, or in unilateral visual neglect (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990), which could provoke, at a minimum, perseverative errors or neglect in drawing.

In sum, Kosslyn & Koenig's visual perception model describes the perceptual components underlying copying more specifically than Marr's model does. Kosslyn & Koenig (1992) propose the existence of two parallel pathways in visual perception, the top-down hypothesis testing system and the dorsal subsystem from the bottom-up pathway (encoding of categorical and coordinate relations, and spatiotopic mapping); both can be involved in drawing.

#### **1.3.4. Role of Visual Imagery in Processing Drawings**

Van Sommers (1989) argues that the depiction decisions component, which leads to the production of drawing from memory, does not involve the same mechanisms as retrieving a visual representation from memory. Instead, the drawer chooses, from among several alternatives, the form that will be graphically relevant. However, this depiction decisions component necessarily generates the different object forms from memory. Thus, we propose that this system is not specific to drawing but rather is part of a global visual imagery system. In fact, researchers have often used drawing from memory to assess the quality of the visual imagery system (Botez & al., 1985; Grossi et al., 1986; Peña-Casanova et al., 1985; Riddoch, 1990; Trojano & Grossi, 1992). Further, a mental image and a drawing from memory often involve the same representation, i.e. a prototype in canonical position (Kosslyn, 1994; van Sommers, 1989). Nevertheless, drawings from memory produced by competent drawer might not represent an object prototype because they learn scheme production, retain different visual details, and practise reproducing objects from memory. Thus, we doubt that the visual imagery system plays a different role than that of the depiction processing in drawing from memory.

Van Sommers (1989) disputes the existence of a simple relationship between visual imagery and drawing because of the performance of brain-damaged patients. Patient LB, Who does not have an imagery deficit, still has difficulties drawing from memory; however, he can copy, and his graphic production processing is intact. LB's drawing deficit is interpreted as a problem in depiction processing rather than one of imagery. Moreover, van Sommers reports that, despite having an imagery deficit, patient JW can write letters when instructed to draw with his hand but cannot when instructed to draw the letter in his mind (Kosslyn et al., 1985). Furthermore, MG, a hunter with an imagery deficit, can draw a pheasant from memory (Basso et al., 1980).

Yet van Sommers' clinical arguments (1989) are not entirely convincing, for several reasons. First, in the experiment he reports, it is not clear whether LB truly has difficulties drawing from memory. LB has to draw complex and unfamiliar pictures after a few seconds of observation. Because a mental image deteriorates rapidly, it is difficult to conceive how one could reproduce a picture, especially a complex and unfamiliar one, from short-term memory (Kosslyn, 1994). In addition, the models that LB attempted to draw are especially complex to plan and reproduce from short-term memory, and it was observed that his performance improved when he was given a production strategy.

We agree that some drawers can retain an accurate drawing from memory even with a visual imagery deficit. A competent drawer with a visual imagery deficit can reproduce some objects from memory by relying on the activation from associative memory of motor operations automated in memory (Trojano & Grossi, 1992). Thus, a patient can encode the information in associative memory to infer the visual characteristics of objects and reproduce them with the information in motor memory (Grailet et al., 1990). This hypothesis would explain why JW can only write a letter automatically and why the hunter MG can draw a pheasant from memory. A pathway from associative memory to procedural memory would explain their ability to draw some objects, very familiar and often reproduced, despite their visual imagery deficit.

We maintain, however, that visual imagery is an elaborate cognitive system that can describe unfamiliar drawings. In line with Kosslyn's visual imagery theory, Farah (1984) identifies imagery components and processes related to drawing tasks. Drawing from memory, in response to a verbal order, requires *generation processes* that recall an image from the visual representation in long-term memory to the visual buffer. *Inspection processes* are activated to

examine the image in the visual buffer and subsequently reproduce it, for both copying and drawing from memory.

On the basis of a review of the neurological literature, Farah (1984) describes several case studies that support her hypotheses. Patients with a generation process deficit cannot draw and describe objects from memory. However, they can copy models and recognize visual objects. Patients with long-term visual memory deficits can only copy models. Many subsequent case studies have shown similar results (Botez & al., 1985; Grossi et al., 1986; Peña-Casanova et al., 1985; Riddoch, 1990; Trojano & Grossi, 1992).

Farah (1984) further suggests that patients with an inspection process deficit cannot describe, recognize or copy visually presented objects, nor can they describe and draw objects from memory; but they can detect visually presented objects. Farah confirms the role of an inspection process in both copying and drawing from memory with case studies. Unfortunately, planning or action programming abilities were not evaluated in these patients. Yet it is certainly critical to verify that graphic production processing is unimpaired because an impairment at this level could also result in difficulties with both copying and drawing from memory.

Based on the progress in the theory of visual imagery (Kosslyn, 1994), we propose some additional hypotheses regarding the mechanisms underlying drawing abilities. On the one hand, we believe that a *maintenance process*, which is activated to retain images of previously considered items, may well play a role in the ability to plan drawings, because this process has been found to be involved in reasoning (Kosslyn, 1994), and also because contingent planning is akin to local problem solving (van Sommers, 1989).

From this perspective, we can introduce to the model of drawing the visuospatial sketchpad of working memory, which is analogous to the visual buffer and maintains recent percepts (Baddeley & Hitch, 1994). Baddeley & Hitch (1994) consider that, since the sketchpad is a work space for holding and manipulating visuospatial information, it may serve a wide range of functions. For example, these authors consider that the sketchpad is involved in planning and executing spatial tasks.

In addition, like Kosslyn (1994), who suggests that visual imagery and visual perception share the same components, we propose that visual imagery in drawing also shares the same components underlying perceptual analysis during copying. To generate a single-part image, the representation of an object in associative memory is accessed and its "pattern code" is activated. Its representation in visual memory is primed such that it sends feedback to earlier areas (Kosslyn, 1994). The earlier areas correspond to components that encode the spatial and physical properties of a model. These encodings are independent and generate two forms of mental images (Kosslyn, 1994). We believe that, like visual analysis in copying (Kosslyn & Koenig, 1992), the spatial form of a mental image is required in drawing from memory. Thus, feedback from the visual memory would go through the encoding of coordinate and categorical spatial relations and the spatiotopic mapping components to finally engender a configuration of activity in the *visual buffer*. Furthermore, drawing from memory could require multipart images. These would be formed by allocating attention during the inspection or by activating visual memories. In the latter case, the new parts are added to the global image by top-down hypothesis testing, which is also used in copying. Moreover, during inspection, top-down hypothesis testing directs the *attentional window* to the image parts maintained in the visual buffer in order to copy or draw it from memory (Kosslyn, 1994).

In sum, many components and processes of visual imagery are involved in drawing tasks, but not in every case. Two different cognitive pathways are distinguished which depend on the familiarity of the drawing, which in turn depends on the drawer's pre-morbid abilities. On the one hand, a non-visual imagery pathway, which processes familiar and routine drawing from memory, goes directly from the associative memory to the procedural memory. On the other hand, the visual imagery pathway, which processes unfamiliar drawing tasks, goes through associative memory to the visual buffer and includes two parallel processing systems. The first one, which allows the formation of a single-part image, goes through associative memory, long-term visual memory, encoding of coordinate and categorical spatial relations, and spatiotopic mapping, and ends in the visual buffer. The second system, which allows the addition of parts to the global image, goes through long-term visual memory, associative memory and the subsystems of top-down hypothesis testing. The latter is also needed to inspect the mental image formed in the visual buffer. When drawing from memory, these two processing systems are activated by the generation processes that elicit representations in associative and visual memories and subsequently send feedback to the visual buffer. Drawing from memory and copying tasks involve two other processes that maintain and inspect the mental image in the visual buffer or the working memory. These processes explore and retain the image as long as the drawing is being organized and produced.

### **1.3.5. Graphic Production**

#### *i. Production strategy*

The basis of van Sommers' (1989) assumption that production strategy is a cognitive component is unclear. Production strategy could reflect general planning (Semenza et al.,

1978). It could also be a strategy compensating for a perceptual impairment (Bruyer et al., 1982). In fact, the production strategy used by patients varies with the perceptual components impaired. For example, patients with integrative visual agnosia succeed in reproducing Rey-Osterrieth's complex picture through a line-by-line strategy (Grailet et al., 1990; see also Mottron et Belleville, 1993). Furthermore, certain clinical neuropsychologists use the process approach to analyze the production strategy and to gain information about the hierarchical organization of perceptual processing of visual objects that is context-dependent and that can be global or local. This observation corresponds to van Sommers' (1989) distinction between hierarchical and line-by-line drawing. Furthermore, he claims that the hierarchical segmentation of a picture is also influenced by its meaning. In sum, instead of being a cognitive component, the production strategy may be the consequence of perceptual, planning and/or semantic processing.

#### *ii. Planning*

Researchers agree that planning is undeniably required in drawing (Broderick & Laszlo, 1988; Roncato and al., 1987; Semenza et al., 1978; Thomas & Tsalini, 1988; van Sommers, 1989). Planning involves many abilities, such as conceptualizing change, conceiving alternatives, evaluating and making choices, and developing a conceptual framework to guide the realization of a plan (Lezak, 1983). More specifically, planning in drawing guides various choices such as the first part to be reproduced, the position and size of the drawing (Roncato et al., 1987), the starting point, the direction to proceed, the angle or curvature to take when the direction changes and so on (Broderick & Laszlo, 1988).

According to van Sommers (1989), two components of planning underlie drawing: contingent and routine planning. By contrast, we argue that only contingent planning underlies drawing. Instead of routine planning, familiar drawings such as a drawing of the



sun do not require planning at all. Production schemes for these drawings are known and encoded in associative memory. They are then produced with the representations in procedural memory. For example, school-aged children acquire the rules for drawing a cube. They learn to trace front and back faces in superposition, and then link their apexes. This kind of learning may explain, in part, why level of education is correlated with drawing abilities. This processing system would correspond to the same pathway mentioned in the section on visual imagery. It processes familiar and routine drawings by activating the production schemes in associative memory and the motor representations in procedural memory. Contingent planning, which is akin to problem solving, is used for unfamiliar drawings.

However, according to Shallice (1982, 1988), the processes underlying routine and non-routine planning may well be involved in these two pathways. Two qualitatively different processes are postulated: *contention scheduling*, which refers to an automatic, direct, trigger-activated selection of appropriate schemata; and *supervisory attentional system*, which refers to a general and hierarchically structured planning program. The latter is activated whenever a selection process fails with contention scheduling or when no appropriate schema is available. The data available in the literature do not currently allow further clarification of the mechanisms of planning in drawing.

### *iii. Articulatory and economic constraints*

Articulatory and economic constraints are more mechanical than cognitive (van Sommers, 1989). We believe that these mechanisms correspond to constraints imposed during action programming. In Kosslyn & Koenig's model (1992), action programming specifies the movement sequences as well as a set of subgoals to the instruction generation component. The latter organizes an appropriate set of movements to satisfy the constraints imposed by the target and the position of the effector (Kosslyn & Koenig, 1992). We suggest that, in

drawing, articulatory and economic constraints imposed by the position of the hand using a pen determine, in part, these instructions. Articulatory and economic constraints are not a cognitive component but rather mechanisms that are parts of a larger system of action programming that remains to be better defined in the case of drawing.

#### **1.4. DISCUSSION**

This present paper argues for the multicomponential nature of CA. It is generally agreed that CA can no longer be considered a unitary syndrome resulting from one specific type of brain damage. We hypothesize that at least three systems combine to underlie the processing of drawing abilities: visual perception, visual imagery, and graphic production, which includes planning and action programming. The visual perception and visual imagery systems, which probably share the same components, comprise two major parallel pathways: the top-down hypothesis testing pathway (properties look-up, attentional shifting) and the bottom-up pathway. The latter includes associative memory, visual memory, the dorsal subsystem (encoding of coordinate and categorical relations, spatiotopic mapping), and the visual buffer or working memory. Furthermore, generation, inspection, and maintenance are three processes of the visual imagery system.

However, visual imagery is not always involved in drawing. Familiar and routine drawings do not require it. The associative and procedural memories, which contain representations of production schemes and of action programming respectively, are sufficient for constructing familiar and routine drawings from memory. In other conditions, visual imagery, planning and action programming are important stages in graphic production.

These systems, which together underlie drawing abilities, are not necessarily specific to drawing. An impairment of components of the visual perception and visual imagery systems

will affect these two systems, which in turn affect drawing in many ways. Specifically, a lesion affecting one component of the dorsal system could result in visual agnosia for objects located in non-canonic view and in a disorganized, piecemeal drawing (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990). An impairment in spatiotopic mapping could result in simultagnosia and neglect in drawing. A deficit in top-down hypothesis testing gives rise, in part, to difficulties in recognizing unfamiliar rotated objects' drawing, to visual search deficit, or to unilateral visual neglect (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990), and to perseverative errors or visual neglect in drawing. Visual memory impairment could result in visual associative agnosia (Farah et al., 1988) and difficulties with visual imagery and drawing from memory (Farah, 1984). A deficit in the visual and associative memories could result in problems discriminating objects (Kosslyn & Koenig, 1992), a visual imagery deficit (Kosslyn, 1994) and the inability to draw familiar or unfamiliar objects from memory. Moreover, it does not seem that specific type of error in drawing implies a specific component impairment because a neglect error in drawing, for example, could result from a deficit in spatiotopic mapping or in top-down hypothesis testing.

Furthermore, the difference between planning in drawing and general planning remains to be clarified. It is probable that a general planning impairment would cause a CA, among other deficits. However, not all planning abilities are necessarily involved in CA. Thus, it is important to verify which planning components underlie drawing. As well, the action programming subsystem is not specific to drawing, but is part of a global system that underlies gestural behavior. An impairment in action programming would thus result in both gestural apraxia and CA. Thus, CA does not result from a deficit in a specific drawing system, but is the consequence of dysfunctions affecting different cognitive systems of the mind.

Further studies in cognitive neuropsychology must be conducted to verify the arguments made in this paper. We discuss some perceptual components here; however, studies in cognitive neuropsychology will allow us to verify whether a direct relationship with drawing and other components exists. We have presented the hypothesis that the subsystems and components which underlie visual imagery in drawing are the same as those involved in visual analysis during copying. The next step is to verify whether the components underlying perceptual analysis during copying are equally disrupted when there is a deficit affecting visual imagery. The relationship between drawing and action programming or planning must also be specified. Thus, many questions have still to be answered in order to gain a better understanding of the cognitive processing of drawing abilities.

It might be profitable to devise a classification system for CA in order to obtain a more detailed cognitive profile of patients in clinical neuropsychology. This could also benefit from the development of model-based neuropsychological batteries to evaluate the different aspects of CA in brain-damaged patients. They would help to define the borderline between different pathological populations or between normal and pathological populations. Furthermore, CA might be used to infer other cognitive dysfunctions which might not always be evaluated or obvious in a classical neuropsychological examination.

**Deuxième article**

Characterization of Picture Copying Abilities in Normal Aging

*Journal of the International Neuropsychology Society* (soumis)

## Characterization of Picture Copying Abilities in Normal Aging

Fanny Guérin,<sup>1,3</sup> Bernadette Ska,<sup>2,3</sup> and Sylvie Belleville<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département de Psychologie, Université de Montréal.

<sup>2</sup> Département d'Audiologie et d'Orthophonie, Université de Montréal.

<sup>3</sup> Centre de Recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Québec, Canada.

Correspondence and reprint requests should be addressed to Fanny Guérin, Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal, 4565 Queen Mary Road, Montreal, Quebec, Canada, H3W 1W5.

---

**Abstract**

This paper aims to characterize visuoconstructional processing in normal aging. Twenty-four elderly subjects and 13 younger subjects were submitted to nine tasks measuring the visuoconstructional abilities underlying a copying task: visual exploration, judgment of spatial relations, and contingent planning. The performance of elderly subjects for each visuoconstructional ability was significantly worse than that of young adults. These results are discussed in light of global and analytical models of normal aging.

Key words: visuoconstructional apraxia, copying, elderly, development, cognition, theoretical model.

---

## Introduction

Declines in visuospatial abilities are often associated with normal cognitive aging. Age-related performance changes appear in most tasks that require subjects to generate, access, segment, integrate or manipulate spatial representations (Axelrod & Cohen, 1961; Danziger & Salthouse, 1978; Eslinger & Benton, 1983; Salthouse, 1985, 1987; Troyer, Cullum, Smernoff & Kozora, 1994). Copying, which requires the reproduction of two-dimensional, three-dimensional, geometric or concrete designs, is often used as a measure of visuospatial abilities in clinical neuropsychological evaluation. The frequent errors made by elderly subjects in this visuoconstructional task are now well documented (Ardila & Rosselli, 1989; Chiulli, Haaland, LaRue & Garry, 1995; Moore & Wyke, 1984; Ska, Dehaut & Nespoulous, 1987; Ska, Désilets & Nespoulous, 1986). In general, design structures are simplified, and the number of lines is reduced. Metrical relations (perspective) and relative proportions of elements of a design are not accurately reproduced (Ska et al., 1987).

Although it is well established that visuoconstructional abilities decline with age, the reason for this decline remains to be clarified. The lack of characterization of the cognitive mechanisms underlying visuospatial abilities partially explains this phenomenon. The theoretical conception of visuospatial abilities has not evolved much. These abilities are generally perceived as indistinct, and considered to be globally altered after a right parietal injury. Furthermore, most visuospatial tasks come from psychometry rather than cognitive neuropsychology. They evaluate an indistinct group of components without distinguishing those which are specifically affected by age. In this context, it is hard to precisely express the variety of visuospatial abilities in such a way as to characterize visuoconstructional aging.



Visuoconstructional decline has been studied in relation to neurophysiological changes in brain aging. In the framework of this localizationist analytical approach, the cognitive profiles of normal elderly subjects are compared with those of brain-damaged subjects. In light of the difference between verbal and non-verbal performance on the Wechsler Intelligence Scale (Wechsler, 1981), researchers' first hypothesis was that the right hemisphere would age more rapidly than the left hemisphere (for a critical review, see Ska, Joannette & Ceccaldi, 1992). From this perspective, the visuoconstructional abilities of elderly subjects should be similar to those of right-brain-damaged (RBD) patients and different from those of left-brain-damaged (LBD) patients. However, age and lateralization of a lesion affect visuoconstructional performance differently. Elderly subjects' graphic reproductions are not like those of RBD patients or of LBD patients. Error types and production strategies are different (Ska et al., 1986; Ska et al., 1987). Thus, the nature of visuoconstructional decline cannot be attributed to the aging of one hemisphere.

A second localizationist analytical hypothesis interprets age-related visuoconstructional performance in terms of a neurophysiological decline in the frontal lobes. The results of cerebral blood flow studies indicate reduced activation in the frontal lobes with age (Grady et al., 1994; Martin, Friston & Frackowiak, 1991; Michalewski et al., 1980). Furthermore, tasks measuring frontal lobe functioning are more sensitive to age than those measuring other cortical regions (Kramer et al., 1994; Veroff, 1980; Welihan & Leshner, 1985). Thus, age-related performance on visuoconstructional tasks could be explained by a decline in problem-solving, organization, and planning skills, and would be related to neurophysiological changes in the frontal lobes (Libon et al., 1994; Janowsky & Thomas-Thrapp, 1993; Ska et al., 1986). However, studies of cerebral blood flow also indicate a reduction of activation in the parietal lobes with age (Grady et al., 1994; Horwitz, 1987; Martin et al., 1991).

In light of anatomical models, the age effect for each visuoconstructional ability cannot be specifically examined. A cognitive model of visuoconstructional processing would favor an exhaustive assessment of visuoconstructional abilities in normal aging without considering brain localization. In fact, the absence of any model that integrates the processing components of a task or a cognitive function represents the principal criticism from the proponents of the global approach to cognitive aging. According to this approach, age-related performance changes appear in all cognitive functions and they are better interpreted in terms of a slowing-down in information processing due to a change in the amount of available resources or in the inhibitory mechanisms in working memory, as opposed to an alteration of specific cognitive mechanisms (Salthouse, 1985; for a critical review, see van der Linden & Hupet, 1994). The considerable number of cognitive functions that decline with age (e.g. memory, language, spatial perception) constitutes a strong argument in favor of this global approach to cognitive aging.

Nevertheless, correlations between speed of visuospatial information processing and age are often weak. In particular, it has not been demonstrated that visuoconstructional decline is related to a general alteration in the speed of information processing. Salthouse (1985) found no correlation between age, reaction time (as measured by the score for the substitution symbols task of the Wechsler Intelligence Scale), and performance on a specific, complex visuoconstructional task which requires a certain amount of cognitive processing, such as a block design test. Furthermore, the analytical approach cannot be completely rejected as long as an exhaustive assessment of cognitive mechanisms has not taken place (Salthouse, 1991). And, to our knowledge, visuoconstructional mechanisms have never been directly studied in normal aging. Moreover, according to Laver and Burke (1993), "the identification of slowing factors cannot be made independently of an analysis of mental operations involved in a task, and it is unclear which, if any, operations share a common slowing factor" (p. 40). In fact, a wide range of impairments observed in normal aging can be explained, in part, by discrete

declines in cognitive operations (Joanette, Belleville, Gély-Nargeot, Ska & Valdois, submit). In this context, a mixed theory of cognitive aging is developed, according to which elderly people's performance is determined by changes in both the amount of available resources and specific cognitive mechanisms (Joanette et al., submit; see also van der Linden & Hupet, 1994).

Thus, the goal of this paper is to define the visuoconstructional mechanisms altered in normal aging. In this view, a theoretical model of copying abilities, developed and based upon a critical review of literature, will permit to assess certain components and subsystems of this visuoconstructional processing (Guérin, Ska & Belleville, 1999). To the best of our knowledge, no study has investigated age-related visuoconstructional performance in light of this theoretical framework. In the next section, a model of copying processing is briefly described.

### **Model of Copying Abilities**

In the late 1980s, some theoretical frameworks of graphical processing emerged. These frameworks suggested the existence of many mechanisms underlying graphic reproduction which are not specific to the act of copying (for a critical review, see Guérin et al., 1999). The visual perception system, which comprises two major parallel pathways (the top-down hypothesis-testing pathway including property look-up and attentional shifting mechanisms; and the bottom-up pathway), underlies the visuospatial analysis of a model to be reproduced. These pathways manage visual exploration abilities in a graphic copying task, which reside in the parietal and frontal lobes. Impairment at various levels of these pathways could result in difficulties with stimulus localization or visual search, or in unilateral visual neglect (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn, Flynn, Amsterdam & Wang, 1990). Components encoding coordinate and categorical spatial relations are part of the bottom-up pathway, and reside in

the parietal lobes. These components manage length, distance, orientation and position judgments concerning lines and the elements of the designs to be copied (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn et al., 1990). Finally, in accordance with van Sommers' (1989) hypothesis, contingent planning abilities partially underlie the production order of the design's elements. This contingent planning is akin to problem-solving and is used for unfamiliar drawings (Guérin et al., 1999; van Sommers, 1989). These three visuoconstructional abilities (contingent planning, spatial relations judgment and visual exploration) will be directly assessed in elderly and young adults. Since these abilities are not specific to copying (Guérin et al., 1999), data in the literature can provide some indications of their characteristics in normal aging

### **Planning in Normal Aging**

Several studies demonstrate that age-related performance changes correspond to a decline in executive processing skills such as organization and problem-solving (Axelrod & Henry, 1992; Botwinik, 1973; Daigneault, Braun & Whitaker, 1992; Klatszky, 1988; Libon et al., 1994; Miller, 1977; Salthouse, 1988). More specifically, visuoconstructional decline is related to an alteration in organizational abilities (Libon et al., 1994). However, age does not change the production strategy for drawing, which reflects organizational capacities (Janowsky & Thomas-Thrapp, 1993; Ska & Nespoulous, 1988). Nevertheless, spatial perception, motor programming or semantic knowledge can also underlie drawing organization (Ska et al., 1986; Guérin et al., 1999).

### **Spatial Relations Encoding in Normal Aging**

According to the analysis of error types in copying and the accuracy of form perception, elderly subjects seem to have difficulty encoding spatial relations. They do not accurately

reproduce metrical relations (i.e. length, distance, perspective) (Ska et al., 1987; Ska, Poissant & Joannette, 1988). Furthermore, they cannot judge whether a cube is deformed (Plude, Milberg, & Cerella, 1986).

However, to our knowledge, age-related performance changes have never been tested on tasks that directly measure spatial relations encoding. Global performance on Benton's line orientation judgment test does not decline in subjects over 40 years old (Eslinger & Benton, 1983; Eslinger, Damasio, Benton & Van Allen, 1985; Ska, Poissant & Joannette, 1990). But these authors do not compare groups of subjects more than 60 years old with those less than 40 years old. Nevertheless, PET studies of the effects of aging on visual processing have revealed age-related decrements in the occipital-parietal visual pathway which encodes coordinate and categorical spatial properties (Grady et al., 1994). Thus, a decline in the encoding of coordinate (distance and length) and categorical (orientation and position) spatial relations in normal aging could explain elderly people's difficulty reproducing metrical relations and judging the well-formedness of a cube, respectively.

### **Visual Exploration and Normal Aging**

An age-related attentional decline appears when the spatial localization of a stimulus is unknown and a visual search is required (Plude & Hoyer, 1986). Visual search processes in the elderly are similar to those in young adults, but slower (Plude & Doussard-Roosevelt, 1989).

An alteration in attentional engagement and disengagement processes does not explain age-related spatial localization performance (Parasuraman, Greenwood, Haxby, & Grady, 1992). But top-down attentional inhibition of stimuli involved in the selection of target stimuli and in the capacity to ignore, control access, and temporally maintain distracter stimuli declines with

age (Dempster, 1992; Hasher & Zacks, 1988; Mc Dowd & Oseas-Kreger, 1991; for a critical review, see van der Linden & Hupet, 1994). According to Kramer et al. (1994), this attentional decline is a specific perturbation of inhibition mechanisms resulting from frontal lobe alteration. In contrast, van der Linden and Hupet (1994), and Hasher and Zacks (1988) question the global nature of an inhibitory decline in working memory with age.

---

## Method

### Subjects

The performance of 24 healthy older subjects was compared to the performance of 13 younger subjects on tests of copying, visual exploration, planning and judgment of spatial relations. The older subjects were 4 men and 20 women who averaged 71 years of age (range: 61 to 82) and 12 years of education (range: 7 to 18). These subjects were recruited from the subjects list of the Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal. They were all active, independent adults. None were living in supervised or nursing facilities. Older subjects who reported having a neurological injury, a significant medical problem, or sensory impairments that would preclude participation were excluded from the study (Appendix 2). The PENO battery (Joanette, Ska, Poissant, Belleville, Lecours, & Peretz, 1995), which is more sensitive to dementia than the Mini Mental State Examination (Boucher, Joanette, & Poissant, in preparation), was used as a screening procedure of cognitive functioning (Appendix 3). One subject was eliminated from the study due to cognitive performance below the normal range.

The younger subjects were 7 men and 6 women who averaged 31;3 years of age (range: 24 to 40) and 14 years of education (range: 9 to 18). These control subjects were recruited from the personnel of the Institut universitaire de gériatrie de Montréal and from advertisements posted

in various public centers in Montreal. They had completed their studies at least two years ago. All subjects showed good visuomotor coordination on the Frostig (1961) test. They were volunteers who freely participated in the experiment (Appendix 1).

**Procedure** (see Appendix 13)

### **Measure of Graphical Copying**

Subjects were administered a copying task with 17 two-dimensional, three-dimensional, geometric or concrete designs in order to compare the accuracy of copying in older and younger subjects. Seven designs came from Griffiths and Cook's (1986) study and 10 designs from the Carlesimo, Fadda and Caltagirone (1993) study (Appendix 4 for example).

Each design (width: 3 to 6 cm; height: 5 cm) was presented at the center of a card (10.75/14 cm). Subjects had to copy the design as perfectly as possible on a sheet of paper with the same dimensions as the card. No time limit was imposed.

#### *Coding*

Each drawing was evaluated for its similarity to the model by two independent judges using a 0 to 4 scale from Carlesimo et al. (1993) (Appendix 5). The sum of the points for each drawing corresponded to the global score for the copying. The maximum possible number of points was 68 (17 figures \* 4 points).

### **Measure of Contingent Planning**

Subjects were asked to copy seven concrete three-dimensional superposed figures which had one part occluded (i.e. a circle in front of a cube, a plank in front of a wall), nine asymmetrical forms and five other designs sensitive to graphic planning. The copying of

these 21 designs from the right, bottom, or front rather than the expected left, top or back, respectively, indicates graphic planning (van Sommers, 1984, 1989). Each design (width: 3 to 6 cm) appeared at the center of a sheet of paper (10.5/14 cm). Subjects had to draw on a sheet of the same size (Appendix 6 and 7).

### *Coding*

One point was given when subjects copied each design from the right, bottom-right, or front rather than the expected left, top-left or back, respectively, for a maximum of 21 points. The score was converted into a percentage that corresponded to the global score for planning.

### **Measure of Judgment of Spatial Relations**

For the following tasks, each item consisted of a stimulus appearing on the top page of a booklet and a response-choice display appearing on the bottom page of the booklet. For the first three tasks, three practice and 24 items were presented to subjects. For the last task, two practice and 15 items were presented. (Appendix 8)

1. *Judgment of distance*. Subjects had to match two parallel lines with different amounts of space between them with two other lines from among four choices. There was either one or no identical design. The parallel lines could be horizontally, vertically or obliquely oriented.
2. *Judgment of length*. This task was inspired by one of Griffiths and Cook's (1986) tests. Subjects had to match three lines with three other lines of equal length from among four possible choices. There was either one or no identical design.
3. *Judgment of position*. This task was inspired by Hellige and Michimata's (1989) task. The stimulus consisted of an oblique line (length: 3 cm) and a dot. On the bottom page of the



booklet, there were four complex designs where an oblique line and a dot were represented. Subjects had to find the design where the dot was on the same side of the oblique line as in the model on the top page of the booklet. There were one, two, three or no designs where the dot was the same side of the oblique line.

4. *Judgment of line orientation.* The task used was a short version of the task developed by Benton, Varney and Hamsher (1978). Subjects had to identify the orientation of two lines (length = 1.9 cm) by finding the lines which had the same orientation in an 11-line array (length = 3.8 cm), numbered from 1 through 11, each separated by an  $18^\circ$  angle.

#### *Coding*

Each subject's performance was subjected to a global score analysis and an analysis of error types.

#### *Global score analysis:*

Each correct answer counted for 1 point, with a maximum possible score of 24 points, for each of the first three tasks (judgment of distance, length and position) and 15 points for the last one (judgment of orientation). Each score was converted into a percentage. The average of these scores corresponded to the global score for the judgment of spatial relations.

#### *Analysis of error types:*

Each incorrect answer was classified as one of the following error types in accordance with Joannette et al. (1995):

1. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of only  $18^\circ$ .

2. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of  $36^\circ$  (two segments).
3. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of  $54^\circ$  (three segments).
4. An oblique line confused with a horizontal line or vice versa.
5. An oblique line confused with a vertical line or vice versa.
6. A horizontal line confused with a vertical line or vice versa.
7. Interquadrant oblique errors involving the displacement of a line from one quadrant to another.
8. Interquadrant oblique errors involving the displacement of a line from one quadrant to another quadrant involving a horizontal line.

### **Measure of Visual Exploration**

1. Subjects were administered three visual search tasks (Gauthier, Dehaut, & Joannette, 1989; Weintraub & Mesulam, 1987). They had to detect and circle all the letters A, abstract shapes, or bells from among a series of other letters, concrete objects or abstract designs, respectively. The stimuli randomly appeared on a standard sheet of paper (21.5/28 cm). The target stimulus was always in front of the subjects during the visual search for As and abstract shapes. The subjects could circle 60 As or abstract shapes and 35 bells. (Appendix 9)

These three tasks required the engagement and disengagement of visual attention to detect a known stimulus among distracters (Posner, Walker, Friderich, & Rafal, 1987). Damage to the property look-up subsystems and to the spatiotopic mapping of object recognition system could also cause difficulties in visual search tasks (Kosslyn et al., 1990). Errors symptomatic of a problem at this level are hemineglect or randomly distributed omissions. These tasks can also represent discrimination or inhibition problems when a subject circles a distracter.

### *Coding*

Subjects' performances were given a global score analysis and an analysis of error types and visual search strategies.

#### *Global score analysis:*

Each target stimulus circled counted for 1 point and each error (circled distracter) for -1 point. A score out of 35 (bells), 60 (symbols) or 60 (As) was given for each task. Each score was converted into a percentage. The mean percentage reflected the global score for visual search.

#### *Analysis of error types and visual search strategy:*

A target omitted or a distracter circled represented the two possible error types. To analyze the visual search strategy, on a special sheet, the experimenter noted the order in which subjects circled the bells. The visual scanning strategy may be systematic, semisystematic or nonsystematic.

2. The next visual exploration task required subjects to detect differences across designs. An item which consisted of stimuli identical to or different from those on the copying task appeared on the top page of a booklet, and a response-choice display of four similar designs appeared on the bottom page of the booklet. Some differed from the model because a line had been removed or added. Subjects had to find the design that was different from the model. Three practice items and 24 test items were presented to subjects. There were one, two, three, or no designs that were different in each response-choice display. (see appendix 10).

Along with visual attention engagement and disengagement mechanisms, this task required property look-up mechanisms from top-down processing for detecting an unknown target among complex designs similar to those on the copying task.

### *Coding*

Subjects' performances were subjected to a global score analysis and analysis of error types.

*Global score analysis:* Each item was worth 1 point, for a maximum of 24 points. This score was converted into a percentage. The average of the scores for each task made up the global score for visual exploration.

*Analysis of error types:* Two error types were possible: 1. not detecting the different design; 2. mistaking the identical design for a different one.

---

## **Results**

### *Data Analysis*

An analysis of simple effects with a t-test compared younger and older adults for each visuoconstructional ability score. The errors made by subjects and the strategies used in the visual exploration and judgment of spatial relations tasks were also compared across groups. Means, standard deviations, and performance highs and lows for each of the test variables are presented in table 1.

Table 1: Means, Standard Deviations, and performance highs and lows for each of the test variables

	<u>Copying</u>	<u>Planning</u>	<u>Visual exploration</u>		<u>Judgment of spatial relations</u>			
			<u>Visual Search</u>	<u>Detection</u>	<u>Length</u>	<u>Distance</u>	<u>Position</u>	<u>Orientation</u>
<i>Elderly participants</i>								
M %	52,4	67,3	97,9	75,5	71,7	75,4	77,6	90,6
SD	19,6	12,3	2,1	15,5	11,6	13,6	23,7	11,3
Minimum	19,1	33,3	92,4	33,3	50	54,2	20,8	66,7
Maximum	86,8	85,7	100	100	87,5	100	100	100
<i>Young adult participants</i>								
M %	68	81,3	98,3	90,4	84,9	86,2	93,3	96,9
SD	11,7	8,4	1,6	9,5	13,3	9,1	14,6	4,4
Minimum	51,5	66,7	95,2	66,7	50	70,8	45,8	86,7
Maximum	85,3	95,2	100	100	100	95,8	100	100

### *Graphical Copying*

The correlation between the two judges' evaluations of subjects' drawings is high ( $r = 0.772$ ,  $p < 0.005$ ). The evaluation of one judge is randomly chosen to represent subjects' performance in order not to average small values (4 points for each drawing). The means for each judge for each group of subjects are: Judge 1, elderly subjects = 35.47; young adults = 43.71; Judge 2, elderly subjects = 34.59; young adults = 41.12.

For the score in copying, the group effect ( $t(35) = 3.0271$ ;  $p < 0.003$ ) was significant. The older group reproduced designs significantly less accurately than the younger group.

For each group, correlations were calculated between education level and score in the copying task. There were no significant correlations for either group (young adults:  $r = 0.189$ ; elderly:  $r = 0.191$ ).

### *Contingent Planning*

In the contingent planning task, there was a significant effect of age ( $t(35) = 3.6642$ ;  $p < 0.0005$ ). The elderly planned their drawings less than the young adults. The older group (mean = 81.32%) used significantly fewer front-to-back, right-to-left, or bottom-to-top strategies than the younger group (mean = 67.26%).

### *Judgment of Spatial Relations*

#### *Global score analysis:*

For the spatial relations judgment score, there was a significant effect of age ( $t(35) = 3.1626$ ;  $p < 0.002$ ). The older group (mean = 78.80%) judged coordinate and categorical spatial relations significantly worse than the younger group (mean = 90.34%).

Additional analyses were conducted to determine the main effect of age on each judgment of spatial relations task, as presented below.

In all tasks there were significant effects of age:  $t(35) = 3.1450$ ;  $p = 0.0017 < 0.01$  – length judgment;  $t(35) = 2.5766$ ,  $p < 0.01$  – distance judgment;  $t(34) = 2.4844$ ;  $p < 0.01$  – position judgment;  $t(33) = 2.4434$ ;  $p < 0.01$  – orientation judgment.

#### *Analysis of error types:*

In the line orientation judgment task, both groups' errors were identical. Both mixed up one oblique line with another oblique line that differed by an angle of only 18°.

## *Visual Exploration*

### *Global score analysis:*

For the exploration score, there was a significant effect of age ( $t(34) = 3.6272$ ;  $p < 0.0005$ ). The older group (mean = 86.72%) localized significantly fewer visual targets than the younger group (mean = 94.35%).

Additional analyses were conducted to determine the main effect of age on each visual exploration task, as presented below.

In visual search tasks, there were no significant ( $p > 0.05$ ) effects of age:  $t(31) = 0.6575$ , for the number of circled targets;  $t(31) = 0.0739$ , for the number of circled bells;  $t(32) = 1.4319$ , for the number of circled As. But, in one visual search task, there was a significant ( $p < 0.03$ ) effect of age:  $t(23) = 2.1448$ , for the number of circled abstract shapes. However, a ceiling effect is observed in the visual search performance for both groups (mean = 98.32% for the younger group and 97.92% for the older group). Thus, in the visual search for abstract shapes task, the effect of age would disappear if there were more subjects in the younger group. All the young adults (13/13) and the majority of elderly subjects (20/24), which represented more than the total number of the younger group, had perfect scores on the visual search task for symbols.

In the visual exploration task that consisted in detecting differences across designs, there was a significant effect of age ( $t(35) = 3.1381$ ;  $p < 0.002$ ). The older group (mean = 75.52%) was less likely to detect the difference between designs than the younger group (mean = 90.38%).

*Analysis of visual search strategy and error types:*

The visual search strategy of elderly subjects observed performing Gauthier et al.'s (1989) task was similar to the one used by young adults: 71.4% of young adults and 75% of elderly subjects used systematic or semisystematic strategies.

Both groups made the same kind of errors in the visual search tasks: they omitted to circle targets. In the other visual exploration task, elderly subjects were significantly less likely than young adults to detect the figures that were different from the model ( $t(35) = 3.1873$ ;  $p < 0.002$ ). But both groups ( $p > 0.05$ ) considered the same number of figures that were identical to the model as being different ( $t(35) = 1.6896$ ).

*A Posteriori Comparison*

Since the number of men and women is not identical across groups (6 young women and 20 elderly women), an *a posteriori* comparison was conducted to compare young and elderly women for each of the visuoconstructional abilities. The effect of age was significantly preserved for each visuoconstructional ability (copying:  $t(16) = 2.5556$   $p < 0.02$ ; spatial relations judgment:  $t(24) = 2.0775$ ,  $p < 0.03$ ; visual exploration:  $t(16) = 3.8598$ ,  $p < 0.001$ ; planning:  $t(24) = 2.4810$ ,  $p < 0.02$ ).

---

**DISCUSSION**

All abilities underlying visuoconstructional processing that were evaluated declined in normal aging. As expected, elderly subjects reproduced two-dimensional and three-dimensional designs less accurately than young adults. The scores for contingent planning, judgment of



spatial relations, and visual exploration of the older group were also lower than those of the younger group. Even though there were more women in the older group than in the younger group, these findings represent an age effect rather than a gender effect.

As shown by Libon et al. (1994), elderly subjects demonstrated organizational problems in their visuoconstructional performance. More specifically, in copying, they had difficulties anticipating the drawing reproduction order. However, contrary to the frontal model of cognitive aging, visuoconstructional decline was not limited to an executive dysfunction.

Also, elderly subjects had more difficulties than young adults judging coordinate and categorical relations. This finding confirms observations made by Ska et al. (1987). Elderly subjects made more errors than young adults in judgment tasks of length, distance, orientation and position. However, errors made by the older group in the line orientation judgment task were no different in nature from those of the younger group.

Furthermore, according to Plude and Hoyer (1986), elderly subjects have more difficulty localizing a target. Mean performance on a visual exploration task showed that the older group detected to a lesser extent than the younger group designs that were different from the model. But performance on visual search tasks was similar across groups. Also, elderly subjects used the same visual search strategy as the young adults, in accordance with the results of Plude and Doussard-Roosevelt (1989).

The differences in the age effect across visual exploration tasks (visual search vs. detection of differences) can be explained in terms of the decline in distinct attentional mechanisms. Because subjects have to construct and verify hypotheses and direct their attention from one localization to another according to the hypotheses they have formed, top-down property look-up subsystems may be involved in the deficit affecting the detection of differences. The elderly subjects did not make the error of perceiving differences in the figures that were the

same as the model. Therefore, they do not demonstrate visuoperceptual problems, which could also explain weak performance on this task. Furthermore, according to Parasuraman et al. (1992), attentional engagement and disengagement processes that may be involved in visual search are not impaired in aging. However, according to Kosslyn et al. (1990), a visual search disorder can also occur due to damage to the property look-up subsystems. From this perspective, some property look-up subsystems could be specifically altered, and along with engagement and disengagement processes, other property look-up subsystems could remain intact in normal aging.

In sum, according to the analytical framework of cognitive aging, the visuoconstructional performance of elderly subjects was characterized by an association of specific declines in planning, judgment of coordinate and categorical spatial relations (position, orientation, length, distance) and some top-down property look-up subsystems. Attentional engagement and disengagement processes and certain other top-down property look-up subsystems, however, do not appear affected by age. In order to confirm this interpretation, the property look-up components should be assessed specifically with tasks building on a model of cognitive psychology, such as Kosslyn and Koenig's (1992) object recognition model, underlying visuoconstructional processing (Guérin et al., 1999).

An observed decline in all visuoconstructional abilities that were evaluated may also arise from the global influence on task performance of a decrease in processing resources or an age-related decline in processing speed. A task complexity effect would be in line with this type of global influence hypothesis. The difference between performance on the visual search and detection of differences tasks could be explained by such a difference in the complexity of the task. The detection of differences task requires more effort and is more complex than the visual search tasks. In fact, a ceiling effect was observed in visual search performances for both groups. Furthermore, the targets in the visual search tasks were two-dimensional

and familiar, while those in the detection of differences task were unfamiliar, perceptually complex and three-dimensional. Dobson, Kirasic and Allen (1995), who controlled for the complexity of figures with angle variations and the number of line segments, demonstrated that performance on a task that compares figures declines with age when the task is more complex. A general impairment of inhibitory mechanisms could also explain the age-related performance observed here in all visuoconstructional tasks (contingent planning, spatial localization and judgments of spatial relations). However, contrary to Kramer et al.'s (1994) proposal, the age-related inhibitory affects found here would extend to tasks that are subserved by the dorsal pathway (judgment of coordinate and categorical relations).

In order to pursue an understanding of visuoconstructional aging, the components underlying visuoconstructional abilities such as property look-up subsystems and spatial relations encoding should be assessed more specifically with tasks building on cognitive psychology models. Controlling for complexity or for demands in terms of inhibitory processes would allow one to disentangle the contributions of specific versus general processes.

**Troisième article**

Characterization of Visuoconstructional disabilities in Patients with Probable Dementia of  
Alzheimer's Type

*Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* (soumis)

## Characterization of Visuoconstructional disabilities in Patients with Probable Dementia of Alzheimer's Type

Fanny Guérin<sup>1,3</sup>, Bernadette Ska<sup>2,3</sup>, and Sylvie Belleville<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département de Psychologie, Université de Montréal.

<sup>2</sup> Département d'Audiologie et d'Orthophonie, Université de Montréal.

<sup>3</sup> Centre de Recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Québec, Canada.

Correspondence and reprint requests should be addressed to Fanny Guérin, Centre de recherche de l'institut universitaire de gériatrie de Montréal, 4565 Queen-Mary Road, Montreal, Quebec, Canada, H3W 1W5.

---

*Abstract*

The goal of this study is to systematically examine alterations underlying the graphical copying performance of Alzheimer's patients at different stages of cognitive decline, in light of a theoretical framework of visuoconstructional processing (Guérin, Ska & Belleville, 1999). Eight patients with a diagnosis of probable Alzheimer's disease were studied. Twenty elderly subjects, of similar age and education to the patient group, served as controls. The severity of the cognitive decline of each patient was measured with a standard neuropsychological battery. All subjects were administered a copying task and tasks measuring visual exploration, judgment of spatial relations and graphical planning. Group and individual results were analyzed. The group results demonstrated that visuoconstructional apraxia in patients with Alzheimer-type dementia is characterized by impaired visual exploration and judgment of spatial relations. Individual results revealed between-patient variability related to the severity of cognitive decline.

---

## Introduction

Visuoconstructional apraxia (CA) is one of the manifestations of dementia of the Alzheimer's type (DAT) (Ajuriaguerra, De Muller & Tissot, 1960; Edwards, Baum & Deuel, 1991; Mitrushina, Uchiyama & Satz, 1995; Rosen, 1983). It is usually assessed in tasks that require freehand drawing or copying of two-dimensional, three-dimensional, concrete or abstract designs. The most frequently used designs include the clock, Rey's complex figure, and the cube (e.g. Brouwers, Cox, Martin, Chase & Fedio, 1984; Berry, Allen & Schmitt, 1991; Becker, Huff, Nebes, Holland & Boller, 1988; Freedman & Dexter, 1991; Huff, Becker, Belle, Nebes, Holland & Boller, 1987; Mendez, Ala & Underwood, 1992; Mohr, Litvan, Williams, Fedio & Chase, 1990; Moore & Wyke, 1984; Rouleau, Salmon & Butters, 1996; Tuokko, Hadjistavropoulos, Miller & Brattie, 1992).

Analyses of numbers of errors and error types in visuoconstructional tasks have been used in the hope of discovering the differences between dementia (Brouwers et al., 1988; Libon, Swenson, Barnoski & Sands, 1993; Mohr et al., 1990; Pan, Stern, Sano & Mayeux, 1989; Rouleau, Salmon, Butters, Kennedy & McGuire, 1992), and normal aging (Dastoor, Schwartz & Kurzman, 1991; Esteban-Santillon, Praditsuwan, Ueda, & Geldmacher, 1998; Mendez et al., 1992; Moore & Wyke, 1984; Royall, Cordes & Polk, 1998; Libon, Malamut, Swenson, Sands & Cloud, 1996; Ska & Nespoulous, 1988; Wolf-Klein, Silverstone, Levy, Brod, & Brevet, 1989). Unfortunately, the use of anatomo-clinical models in the analyses of error types has not permitted researchers to precisely characterize the visuoconstructional deficits of DAT patients. The graphical copying performance of DAT patients exhibits attributes common to both right (RBD) and left (LBD) brain-damaged patients (Moore & Wyke, 1984; Kirz & Kertesz, 1991), as well as features specific to DAT (Moore & Wyke,

1984). Thus, Moore and Wyke (1984) suggest that DAT patients' CA is explained only by an inability to integrate the various elements of an object into a coherent whole, due to attentional deficits.

By contrast, Brantjes and Bouma (1991) suggest that the errors of DAT patients reflect several alterations related to visuoconstructional tasks. Omission errors in freehand drawing could be due to the loss of the semantic or visual knowledge of objects, or to an inability to generate visual images from visual memory. Also, perseveration errors in graphical copying could be due to an alteration of executive functions (Brantjes & Bouma, 1991). Along these lines, the patients' better performance at copying than freehand drawing of a clock was interpreted as evidence that CA in DAT was not due to graphical, motor or visuoperceptual difficulties, but to loss of semantic knowledge (Rouleau et al., 1996; Libon et al., 1996).

These different explanations reflect the risk involved in interpreting production errors *a posteriori*. Indeed, an error may reflect a combination of cognitive impairments which may vary according to the conditions of the visuoconstructional tasks used (copying, freehand drawing, concrete or abstract figures) (Ska, 1991). Furthermore, analyses of error types cannot explain the various manifestations of CA that are observed in DAT (Ska, 1991). Finally, they cannot be used to explain the differences in CA expression in freehand drawing versus copying. Several graphical production models distinguish between the mechanisms required in freehand drawing and those required in copying (Roncato, Sartori, Masterson & Rumiati, 1987; van Sommers, 1989, Grossman, 1993; Mickanin, Grossman, Onishi, Auriacombe & Clark, 1994; Guérin, Ska & Belleville, 1999). Using a freehand drawing model, Grossman, Mickanin, Onishi, Robinson and D'esposito (1996) have suggested that visual exploration deficits underlie difficulties in the organization of details in DAT patients' freehand drawing performance. To the best of our knowledge, no studies have investigated



DAT patients' visuoconstructional performance in light of a copying processing model. In the next section, such a model is briefly described.

### **Model of copying abilities**

In the late 1980s, some theoretical frameworks of graphical processing emerged. These frameworks suggested the existence of many mechanisms underlying graphical reproduction which are not specific to the act of copying (for a critical review, see Guérin et al., 1999). The visual perception system, which comprises two major parallel pathways (the top-down, hypothesis-testing pathway including property look-up and attentional shifting mechanisms, and the bottom-up pathway), underlies the visuospatial analysis of a model of copying. These pathways manage visual exploration abilities in a graphical copying task, which reside in the parietal and frontal lobes. Impairment at various levels of these pathways could result in difficulties with stimulus localization or visual search, or in unilateral visual neglect (Kosslyn & Koenig, 1992; Kosslyn, Chabris, Marsolek & Koenig, 1992). Components encoding coordinate and categorical spatial relations are part of the bottom-up pathway and reside in the parietal lobes. The encoding of categorical relations involves the spatial relations between two objects or parts of an object that remain stable despite their position (e.g. connected to, at the left, on the side). For example, position and orientation are processed at this stage. On the other hand, coordinate relations encode metric relations between objects or parts of an object, such as, on a face, the distance between the eyes or between the nose and the mouth. Categorical relations and coordinate relations are encoded separately (Hellige & Michimata, 1989; Kosslyn et al., 1992). Thus, impairments of the components of coordinate spatial relations would result in difficulties judging line length and distance. On the other hand, impairments of the components of categorical spatial relations would result in difficulties judging line orientation (Kosslyn & Koenig, 1992). Finally, in accordance with van

Sommers' (1989) hypothesis, contingent planning abilities partially underlie the production order of the design's elements. This contingent planning is akin to problem-solving and is used for unfamiliar drawings (Guérin et al., 1999; van Sommers, 1989). In this study, these three visuoconstructional abilities (visual exploration, spatial relations judgment, graphical planning) will be assessed directly in DAT patients and normal elderly subjects.

There are indications from the literature that, early in the DAT process, several deficits can affect graphical copying. DAT patients have anticipation deficits in planning tasks (Cronin-Golomb, 1990, Cummings & Benson, 1992; Mack & Patterson, 1995; Passini, Rainville, Marchand & Joannette, 1995; Zec, 1993). They act impulsively, without analyzing the multiple elements of a scene. They direct their attention toward the most apparent elements without distinguishing those that are relevant from secondary information (Passini et al., 1995). Also, DAT patients have spatial localization attentional deficits (Mendez, Mendez, Marint, Smyth & Whitehouse, 1990; Parasuraman, Greenwood, Haxby & Grady, 1992). They exhibit an inability to disengage their attention from an incorrect location and reorient it toward another one in visual search tasks (Mendez, Cherrier & Cymerman, 1997; Parasuraman et al., 1992; Greenwood, Parasuraman & Haxby, 1993). Unilateral visual neglect in drawing may also occur in DAT but only later in the development of the disease (Mendez et al., 1997; Venneri, Pentore, Cotticelli & Della Sala, 1998). Finally, DAT patients show difficulties judging categorical relations such as line orientation (Eslinger & Benton, 1983; Ska, Poissant & Joannette, 1990). In this context, DAT patients' error types are qualitatively different from those of normal elderly persons. In particular, DAT patients tend to confuse oblique lines with horizontal or vertical ones, and to displace lines from one quadrant to another (Ska et al., 1990). This has been interpreted as an inability to maintain the orientation of two elements simultaneously in working memory (Ska, 1991).

The goal of this study is to examine alterations underlying the graphical copying performance of DAT patients at different stages of cognitive impairment, in light of a theoretical framework of copying processing (Guérin et al., 1999). Because visual exploration, spatial relations judgment and planning deficits appear early in DAT, they might alter patients' graphical copying at the onset of the disease. Yet some patients may not have copying difficulties since the manifestations of DAT at an early stage are heterogeneous (Joanette, Ska, Poissant, Belleville, Bellavance, Gauthier, Gauvreau, Lecours & Peretz, 1995a; Joanette, Ska, Poissant, Belleville, Lecours & Peretz, 1995b; Martin, Brouwers, Lalonde, Cox, Teleska, Fedio, Foster & Chase, 1986; Mayeux, Stern & Spanton, 1985). Thus, CA may appear in only some subgroups of patients (Edwards et al., 1991; Martin et al., 1986; Mitrushina et al., 1995). In this study, we will examine the visuoconstructional profile of DAT patients at early, moderate and advanced stages of dementia with regard to visual exploration, judgment of coordinate and categorical relations and graphical planning tasks. We will examine whether different stages in the development of the disease correspond to different profiles or severity of visuoconstructional deterioration.

## METHOD

### Subjects

Eight patients were studied (six females and two males). All met the diagnosis criteria for probable Alzheimer's disease, according to NINCDS-ADRDA (McKhann, Drachmann, Folstein, Katzman, Price & Stadlan, 1984). Their mean age was 75.5 (range = 59–80), and they averaged 8.6 years of education (range = 4–15). These subjects were recruited from the patient list at the Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal and at the Hôpital de Chicoutimi.

Twenty elderly subjects, of similar age (mean = 72.25, range = 60–80) and education (mean = 10.5, range = 5–16) as the patient group, served as controls. These subjects were recruited from the subject list of the Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal. They were all active, independent adults. None were living in supervised or nursing facilities. They were volunteers and participated freely in the experiment (see appendix 1 for the consent form).

Each subject received a neurological and neuropsychological examination. The neurological examination consisted of a questionnaire concerning the subject's medical history and a review of several neurological and psychiatric symptoms (Appendix 2). Subjects who reported having a neurological injury, a significant medical problem, or sensory impairments that would preclude participation in the study were excluded. Patients with medical, neurological, and psychiatric illnesses other than DAT were also excluded. Psychometric screening included several tasks evaluating all cognitive domains: language, memory, gnosis, and praxis (Joanette et al., 1995a) (Appendix 3). Control subjects who had cognitive deficits were excluded. All subjects showed good visuomotor coordination on Frostig's (1961) test.

#### *Neuropsychological profiles*

Patients were evaluated using a neuropsychological test battery called PENO, which measures the essential components and subcomponents of cognition (Joanette et al., 1995a). PENO is more sensitive to dementia (Boucher, Joanette & Poissant, in preparation). PENO comprises 16 tasks, most of them classical ones from the literature. Verbal material is used to evaluate short-term and long-term memory, and spatial material is used for long-term memory. Phonological, syntactic and lexico-semantic components of language and all aspects

of discursive language are evaluated. Spatial and visual discrimination and spatial attention are also evaluated. Finally, gestural and constructional praxias are measured.

The mean Z scores for task performances for each cognitive function (memory, language, gnosis, and praxia) and for global cognition were calculated. The Z scores were calculated according to the mean and standard deviation of normative data obtained with PENO on similar populations. The neuropsychological profile of each patient in each domain is presented in figure 1. Four levels of severity were observed according to Z scores. One patient (DAT1) was very mildly cognitively impaired. Two patients (DAT2 and DAT3) were mildly cognitively impaired. Three patients (DAT4, DAT5 and DAT6) were moderately impaired. Finally, two patients (DAT7 and DAT8) were severely impaired.



Procedure (see Appendix 13)

Experimental tasks

### **Measure of graphical copying**

The copying tasks were part of the PENO praxia domain (Joanette et al., 1995a). Subjects were asked to reproduce simple, concrete two-dimensional and three-dimensional figures: a circle, a square, a cube and a three-dimensional house (Appendix 11). They also reproduced a complex, abstract two-dimensional design, Rey's complex figure.

Each design was presented at the center of a card, placed in front of the subject. Subjects had to copy the design as perfectly as possible on a sheet of paper. No time limit was imposed.

*Coding:* Simple drawing was scored according to the criteria of the PENO battery, presented in the appendix 12. Rey's complex figure was scored according to Osterrieth's (1945) criteria (Appendix 12.3). The points attributed to each drawing were summed to obtain a global score for copying. The maximum possible number of points was 78. The score was converted into a percentage.

### **Measure of judgment of spatial relations**

For the following tasks, each item consisted of a stimulus appearing on the top page of a booklet and a response-choice display appearing on the bottom page of the booklet.

1. *Judgment of distance.* Subjects had to match two parallel lines spaced out by different distances with two other lines from among four choices (Appendix 8.1). The parallel lines

could be horizontally, vertically or obliquely oriented. There was either a single or no identical design. Three practice runs and 16 items were presented to subjects.

2. *Judgment of length.* This task was inspired by Griffiths and Cook's (1986) task. Subjects had to match three lines with three other lines of equal length from among four possible choices (Appendix 8.2). The three lines could be horizontally, vertically or obliquely oriented. There was either a single or no identical design. Three practice runs and 17 items were presented to subjects.

3. *Judgment of line orientation.* The task used was a short version of the one developed by Benton, Varney and Hamsher (1978). Subjects had to identify the orientation of two lines (length = 1.9 cm) by finding the lines which had the same orientation in an 11-line array (length = 3.8 cm) numbered from 1 to 11, each separated by an  $18^\circ$  angle (Appendix 12.3). Two practice runs and 15 items were presented.

*Coding:* A global score consisting of average performance on the three tasks was used to determine performance on judgment of spatial relations. An analysis of error types was also performed on the judgment of line orientation task, along the lines proposed by Joannette et al. (1995). Each incorrect answer was classified as one of the following:

1. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of only  $18^\circ$ .
2. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of  $36^\circ$  (two segments).
3. An oblique line confused with another oblique line that differs by an angle of  $54^\circ$  (three segments).
4. An oblique line confused with a horizontal line or vice versa.



5. An oblique line confused with a vertical line or vice versa.
6. A horizontal line confused with a vertical line or vice versa.
7. Interquadrant oblique errors involving the displacement of a line from one quadrant to another.
8. Interquadrant oblique errors involving the displacement of a line from one quadrant to another quadrant involving a horizontal line.

### **Measure of visual exploration**

Subjects were administered two visual search tasks (Gauthier, Dehaut & Joannette, 1989; Weintraub & Mesulam, 1987). In the first task (Gauthier et al., 1989), the subjects had to circle drawings of bells among drawings of other concrete objects (Appendix 9.3). In Weintraub and Mesulam's (1987) task, the subjects had to detect and circle an abstract symbol that appeared several times among other abstract forms (Appendix 9.2). In both cases, the stimuli appeared randomly on a standard sheet of paper (21.5/28 cm). The target stimulus was always in front of the subjects during the visual search for abstract forms. There were 35 bells and 60 abstract forms. In a pre-test phase, it was shown that all patients were able to match and recognize the targets among other designs.

*Coding:* The subjects' performance was subjected to a global score analysis, as well as an analysis of error types and visual search strategies. Each target circled counted for 1 point and each error (circled distracter) for -1 point. Each score was converted into a percentage. The mean percentage reflected the global visual search score. The nature of the errors was also examined (targets omitted and distracters circled). Finally, an analysis of visual search strategy was performed by noting the order in which subjects circled the bells. The visual search strategy was qualified as systematic, semisystematic or nonsystematic.

A third visual exploration task was used which required subjects to detect differences across designs. An item which consisted of stimuli identical to or different from those used in the copying task appeared on the top page of a booklet, and a response-choice display of four similar designs appeared on the bottom page of the booklet (Appendix 10). Three practice runs and 17 items were presented to subjects. Subjects had to find the design that was different from the model. The figures differed from the model by the removal or addition of a line. One, two, three, or no designs were different in each response-choice display.

*Coding:* The average of the scores for each task made up the global visual exploration score.

### **Measure of contingent planning**

An experimental graphical planning task developed by van Sommers (1984) was administered to the subjects to measure contingent planning. The items were selected from this task according to their perceptual simplicity.

Subjects were asked to copy two concrete three-dimensional superposed figures which had one part occluded (e.g. a plank in front of a wall), and six asymmetrical forms sensitive to graphical planning (Appendix 6.2-7). These drawings are constructed in such a way that, rather than copying them starting from the left, top, or back, as is usually the case, they should be drawn starting from right, bottom or front. It is hypothesized that graphical planning is required because an unusual order is more efficient in drawing these figures (van Sommers, 1984, 1989). Each design (width: 3 to 6 cm) appeared at the center of a sheet of paper (10.5/14 cm). Subjects had to draw on a sheet of paper the same size.

*Coding:* One point was given, for a maximum of eight points, when subjects copied each design from the right, bottom-right, or front rather than the expected left, top-left or back, respectively.

The production strategy for Rey's complex figure was also analyzed to provide some indications about graphical planning. The production strategy was analyzed according to Osterrieth's (1945) criteria. The strategy used by each subject was qualified as belonging to one of the following types:

Type 1: The big rectangle is drawn first.

Type 2: A detail such as the cross is drawn first and the big rectangle is drawn second.

Type 3: The subject begins with the global contour.

Type 4: The four quadrants are juxtaposed, but the model is recognizable.

Type 5: The figure is not recognizable, but some details are identifiable.

Type 6: The subject represents a concrete and familiar design (e.g. house, chapel, boat).

Type 7: No elements of the figure, or even the global form, are recognizable.

---

## Results

### Data analysis

As a first step, the group results were analyzed. Because of the small sample, a non-parametric Mann-Whitney  $U$  test was used to compare the groups on each visuoconstructional ability and task performance. Because multiple comparisons were

performed,  $p < 0.01$  was used as a conservative criterion of significance for each statistical comparison. In the second step, a Z score was calculated for each patient's task performances in order to analyze and compare the patients' visuoconstructional profiles. Since the normal elderly subjects' age and education level were not correlated with their performance on tasks, the mean and standard deviation of the whole control group was used for the calculation of the Z score. A Z score inferior to -2 indicated an impairment and a Z score superior to -2 indicated a performance in the normal range.

Group analysis

### **Copying**

With regard to the copying score, the group effect,  $U = 16$  ( $p < 0.005$ ), was significant. The DAT patient group reproduced designs significantly less accurately than the normal elderly group (figure 2).

DAT patients' education and age were strongly correlated with their copying performance ( $r = 0.856$ ,  $p < 0.005$ ;  $r = -0.625$ ,  $p < 0.05$ , respectively). The more education a patient had, the better his performance was. Furthermore, the older patients performed the worst. By contrast, education and age in normal elderly subjects were not correlated with their copying performance ( $r = -0.1017$ ;  $r = 0.1604$ , respectively).

## Visual exploration

### *Global score analysis:*

For the exploration score, there was no significant group effect,  $U = 30$  ( $p > 0.01$ ). The correlation between the exploration score and the copying score in DAT patients was not significant ( $r = 0.7941$ ,  $p > 0.01$ ) (figure 2). Separate analysis of each visual exploration task showed that these tasks are not equally sensitive to DAT. Thus, separate data is presented below.

*Visual search:* In the visual search tasks, there was no significant effect of the disease on the score for the bell task,  $U = 62$  ( $p > 0.05$ ). However, there was a significant effect on the score for the symbol visual search task,  $U = 11.5$  ( $p < 0.001$ ). The patient group (mean = 74.79%) omitted more targets or circled more distracters than the control group (mean = 99.75%).

Age and education were not significantly correlated ( $p > 0.01$ ) with performance on the bell (elderly:  $r = 0,0049$  and  $r = 0,1231$ , respectively; DTA:  $r = -0,5963$  and  $r = 0,6160$ , respectively) and symbol visual (elderly:  $r = -0,0731$  and  $r = 0,1823$ , respectively; DTA:  $r = 0,6106$  and  $r = 0,6082$ , respectively) search tasks in either group.

### *Analysis of visual search strategy*

The DAT patients' visual search strategy differed from that of normal elderly controls. More patients (50%) than normal elderly subjects (22%) used a nonsystematic strategy. More normal elderly subjects used a systematic strategy (48%) or a semisystematic strategy (30%).

*Analysis of error types:* While no control subjects circled distracters, four DAT patients (DAT4, DAT5, DAT7, DAT8) circled similar distracters in one or both visual search tasks.

*Detection of differences:* In the visual exploration task, which consists in detecting differences across designs, there was a significant group effect,  $U = 13$  ( $p < 0.005$ ). The patient group (mean = 57.98%) detected fewer differences between designs than the control group (mean = 86.76%). Neither age nor education was significantly correlated ( $p > 0.01$ ) with performance in either group (elderly:  $r = 0.2073$  and  $r = -0.1058$ , respectively; DTA:  $r = -0.5319$  and  $r = 0.4552$ , respectively).

### **Judgment of spatial relations**

*Global score analysis:*

For the spatial relations judgment score, there was a significant effect for the disease,  $U = 17$  ( $p < 0.01$ ). The patient group performed worse (mean = 75.44%) than the normal elderly group (mean = 91.53%) on coordinate and categorical spatial relations. The judgment of spatial relations score was not significantly ( $p > 0.01$ ) correlated with the copying score in DAT patients ( $r = 0.6178$ ) (figure 2).

Additional analyses were conducted to determine the effect of dementia on each judgment of spatial relations task, as presented below. There were significant group effects for the judgment of length task,  $U = 21$  ( $p < 0.005$ ), and on the judgment of orientation tasks,  $U = 14$  ( $p < 0.001$ ). But there was no significant group effect on the judgment of distance task,  $U = 39.5$  ( $p > 0.01$ ).

Age and education were not significantly correlated ( $p > 0.01$ ) with the judgment of orientation (elderly:  $r = 0,4127$  and  $r = -0,1321$ , respectively; DTA:  $r = -0,5180$  and  $r = 0,7923$ , respectively), distance (elderly:  $r = 0,2976$  and  $r = -0,2089$ , respectively; DTA:  $r = -0,7785$  and  $r = 0,3177$ , respectively), and length (elderly:  $r = 0,1777$  and  $r = -0,4040$ , respectively; DTA:  $r = -0,4696$  and  $r = 0,2587$ , respectively) in either group.

#### *Analysis of the error types:*

The results of the analysis of error types for the line orientation judgment task showed differences between the groups. The control subjects exclusively confounded an oblique line with another one that differed by only one  $18^\circ$  segment. All DAT patients made this error. However, most DAT patients also made other error types. Four patients also confounded an oblique line with another oblique line that differed by a  $36^\circ$  angle. Two patients mixed up an oblique line with a horizontal line. Four patients mixed up an oblique line with a vertical line. Finally, two patients mixed up an oblique line with another oblique line in another quadrant.

### **Planning**

In the contingent planning task, there was no significant group effect,  $U = 62$  ( $p > 0.01$ ). Furthermore, the planning score for patients was not significantly correlated with the copying score ( $r = 0.2974$ ;  $p > 0,01$ ) (figure 2).

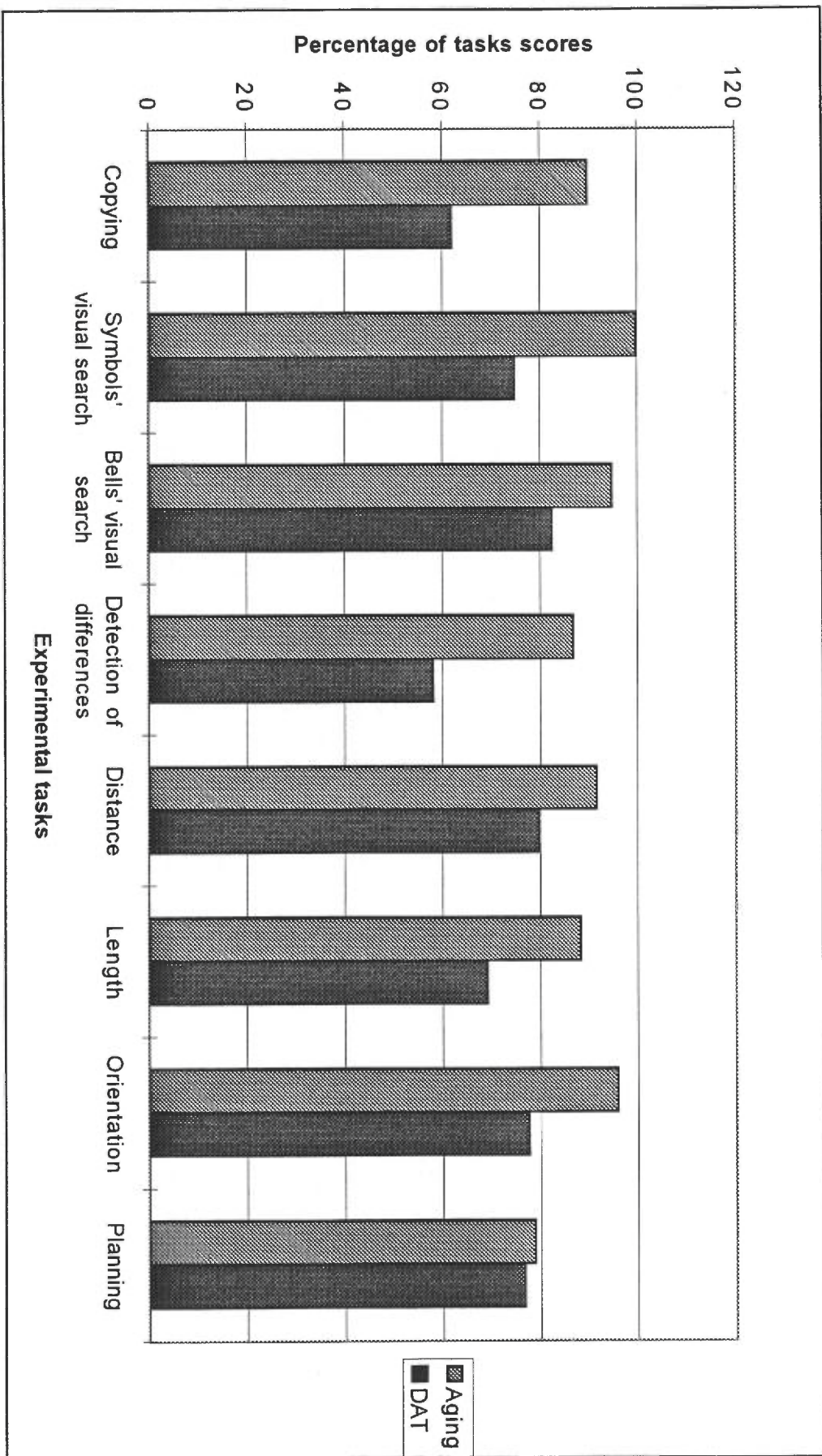
Age and education were not significantly ( $p > 0.01$ ) correlated with performance in either group (elderly:  $r = 0,1918$  and  $r = -0,1607$ , respectively; DTA:  $r = 0,1324$  and  $r = 0,5589$ , respectively).

The control group structured the production of Rey's complex figure following strategy types 1, 2, 3, 4, or 5. Most control subjects (61%) began the copying with one or more elements from the global structure (type 1, type 2 and type 3). Three of the control subjects (13%) juxtaposed the four quadrants, but the figure was recognizable (type 4). For only 9% of the control subjects (two subjects), the figure was not recognizable, but some details were identifiable (type 5).

By contrast, only a minority of patients began their copying with one or more elements from the global structure (types 1 to 3). Two patients began their copying with the big rectangle (type 1). One patient began his copying with a single detail and the big rectangle (type 2). Three patients juxtaposed the four quadrants, but the figure was recognizable (type 4). The figures of two patients were not recognizable, yet some details were identifiable (type 5).



Figure 2: comparison of group performances on visuoconstructional tasks



*Examination of individual patterns*

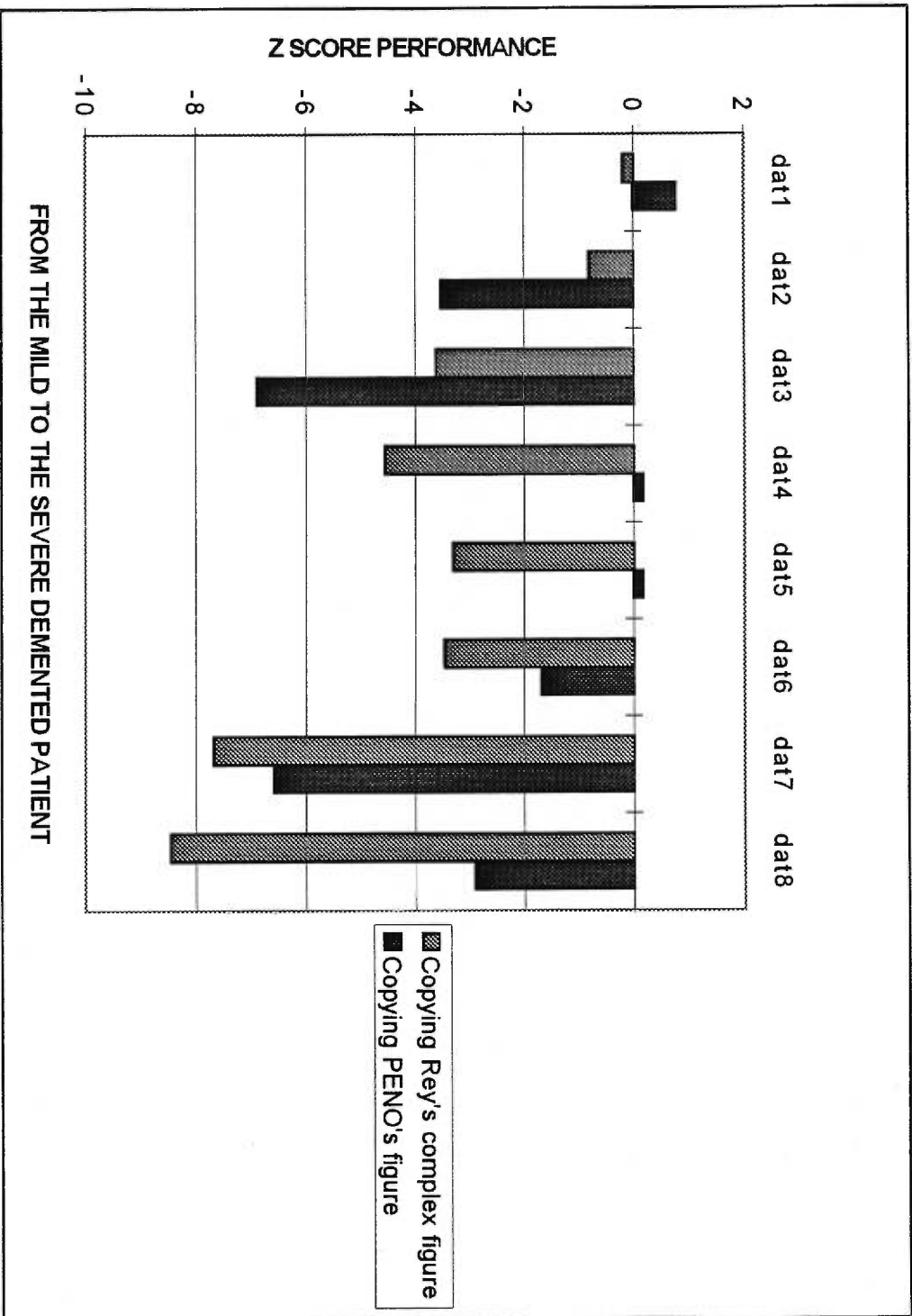
Individual profiles were examined to assess whether the averaged group pattern described above persists at the individual level. Analysis of the individual performance patterns did not indicate a great degree of heterogeneity at the level of spatial perception and planning systems for graphical processing, since all patients who had CA presented visual exploration and judgment of spatial relations deficiencies without planning deficits (table 1). The CA was defined by the presence of difficulties in copying concrete two-dimensional and three-dimensional figures or abstract complex designs. The latter task was particularly sensitive to dementia (figure 3), as five out of eight patients failed at copying Rey's complex figure. Interestingly, though, two patients (DAT2 and DAT3) found it more difficult to copy the concrete three-dimensional figures (the cube and the three-dimensional house) than Rey's complex figure (figure 3). This CA in DAT was not characterized by graphical planning difficulties. The score for the planning task and the production strategies in the drawings of DAT patients were similar to those of the control group and were not sensitive to the severity of the dementia. The same production strategy type was used at early and advanced stages of DAT: type 2 or 1 for DAT1 and DAT6; type 4 for DAT2 and DAT7; type 5 for DAT3 and DAT8. Also, the production strategies did not predict the quality of the patients' drawing. By contrast, the CA in DAT was characterized by both visual exploration and judgment of spatial relations deficits. Along with difficulties copying, DAT patients failed at one or more tasks of visual exploration and judgment of spatial relations (table 1).

Table 1: Summary table of individual profiles in DAT patients

Patients	Copying	Symbol visual search	Bell visual search	Detection of differences MD	Judgment of length	Judgment of distance	Judgment of orientation	Planning
DAT1	+	+	+	+	+	+	+	+
DAT2	-	-	+	+	-	+	-	+
DAT3	--	-	+	+	+	+	-	+
DAT4	-	-	+	+	+	-	+	+
DAT5	-	-	+/-	+	-	+	+	+
DAT6	-	-	-	-	+	-	-	+
DAT7	--	-	-	-	+	+	-	+
DAT8	--	-	-	-	-	-	-	+

MD: missing data

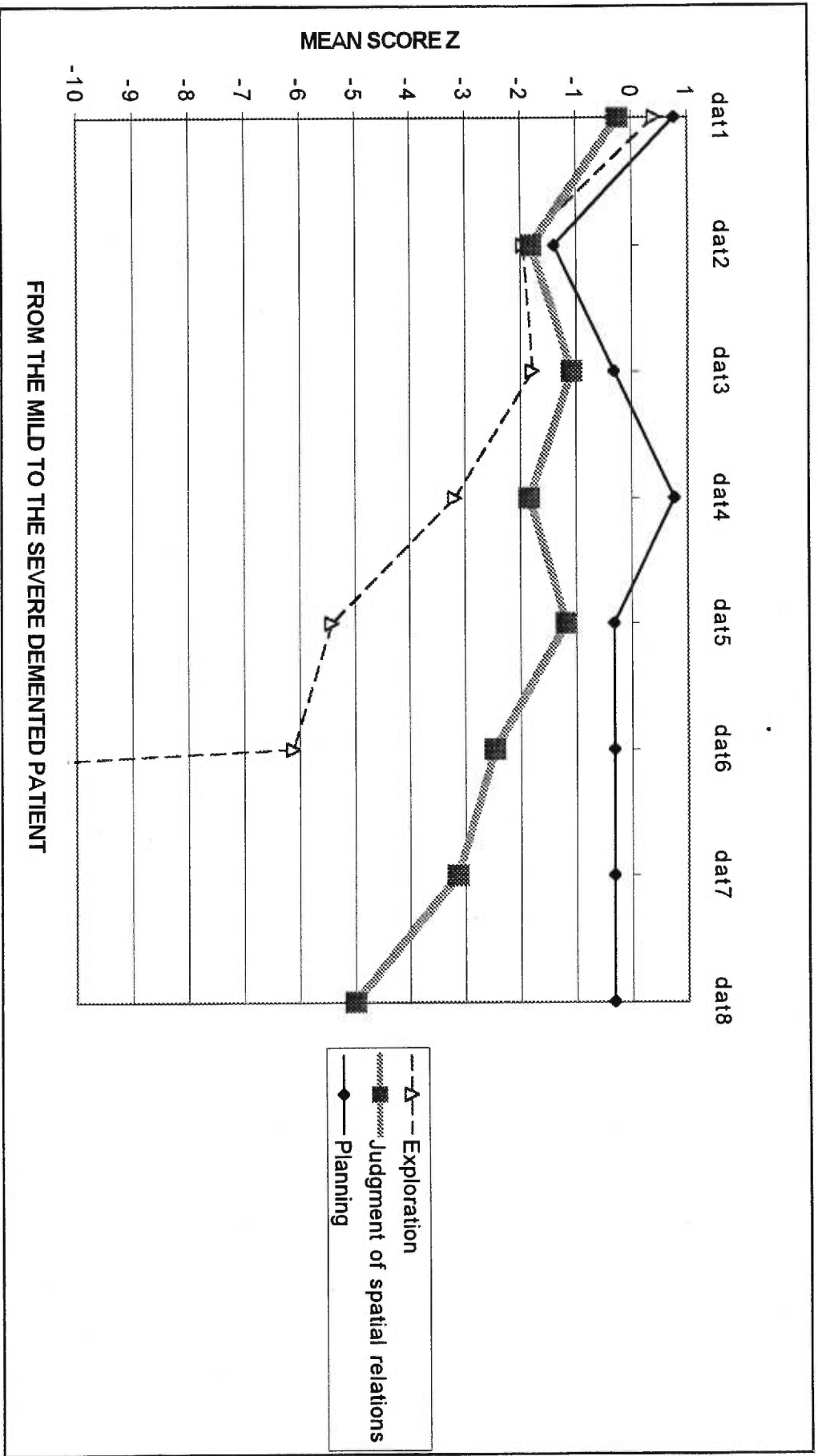
FIGURE 3: Copying deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on two copying tasks.



Nevertheless, the visuoconstructional profiles varied according to the severity of the dementia. Visual exploration abilities were more sensitive than judgment of spatial relations abilities to moderate and severe dementia. For two patients at an early stage of dementia (DAT2, DAT3), the visuoconstructional profile was homogeneous. The patients at moderate and severe stages of dementia exhibited worse performance on visual exploration than on judgment of spatial relations abilities (figure 4). The number of visual exploration tasks and the severity of impairments varied according to the severity of global cognitive deterioration (table 1 and figure 5). The symbol visual search task was the most sensitive to dementia. Impairments affecting the other visual exploration tasks appeared among the most cognitively impaired patients. Moreover, the error of circling distracters was an indication of the severity of dementia. This error appears among the moderately (DAT4, DAT5) and severely (DAT7, DAT8) cognitively impaired patients, but not systematically. The visual search strategy in DAT, however, was not an indication of the severity of dementia or of the capacity to detect targets. In addition, no hemispatial neglect was observed in this sample of DAT patients.

Furthermore, the pattern of performance on judgment of categorical and coordinate spatial relations varied in a way which seemed not to be related to the development of the disease. Two patients who were moderately cognitively impaired (DAT4 and DAT5) showed deficiencies in judgment of coordinate relations and preserved abilities in judgment of categorical relations. Two patients, one of whom was mildly and the other severely cognitively impaired (DAT3 and DAT7), showed the inverse profile. In this case, the pattern observed is apparently not directly related to the development of the disease (figure 6). The analyses of error types revealed that all the patients who exhibited an impairment in judgment of line orientation made errors specific to dementia. Also, one of the two moderately impaired patients (DAT5) who were able to judge line orientation exhibited errors different from those of control subjects in this task.

FIGURE 4:  
Relative severity of visuoconstructional deficits in the sample of DAT patients. Mean Z scores for performance on tasks measuring visual exploration and judgment of spatial relations.



FROM THE MILD TO THE SEVERE DEMENTED PATIENT

FIGURE 5: Visual exploration deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on three tasks measuring visual search and detection of differences.

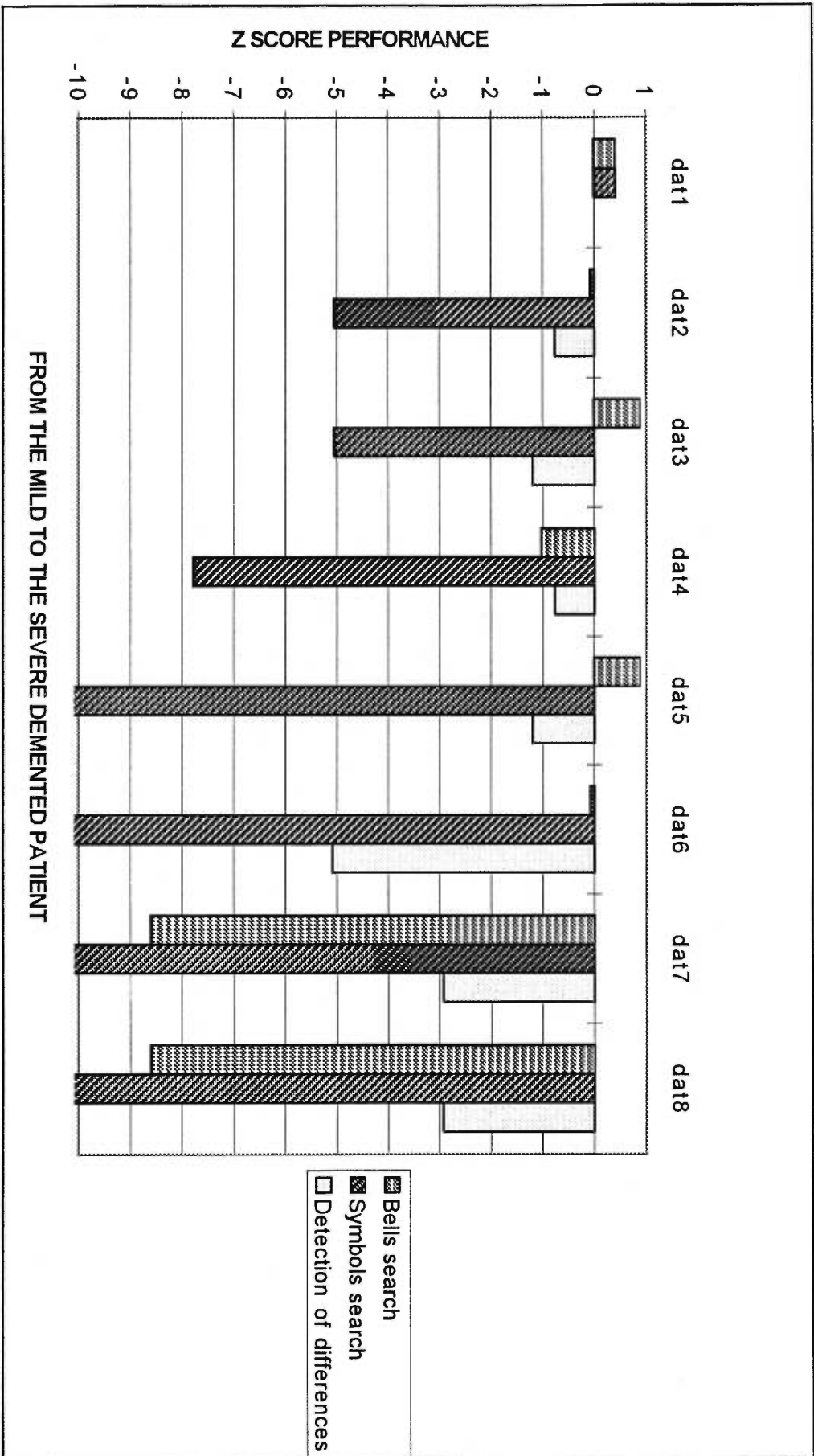
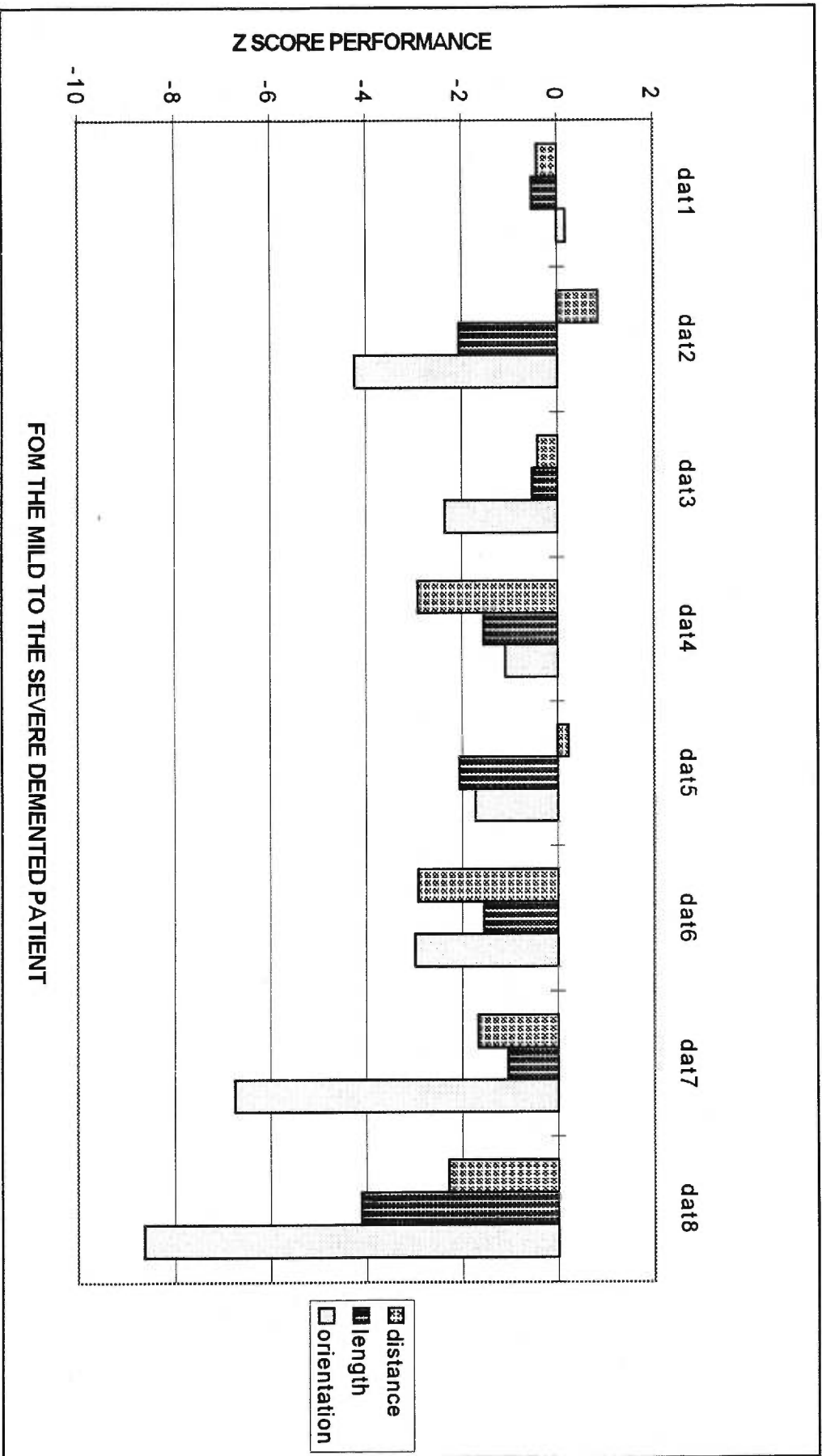


FIGURE 6: Judgment of spatial relations deficits in the sample of DAT patients. Z scores for performance on three tasks measuring judgment of coordinate and categorical relations.





Finally, there was some variability regarding the presence of CA. Not all patients exhibited visuoconstructional difficulties (table 1). One patient (DAT1) did not have any visuoconstructional deficits. He failed none of the tasks used (table 1). His visual search and production strategies were well organized. And he made no errors different from those of control subjects in the visual search and judgment of line orientation tasks. There is the possibility that his premorbid abilities (15 years of education, building furniture as a hobby) may be shielding him from an early manifestation of CA (Alexander, Furey, Grady, Pietrini, Brady, Mentis & Schapiro, 1997). However, the severity of the disease might also be a factor, as he showed the mildest signs of global cognitive alteration on the PENO.

## DISCUSSION

The group and individual patterns of performance of mild to severe DAT patients were examined with a set of visuoconstructional processing tasks designed to characterize their CA. The results showed that, parallel to the copying difficulties which reveal CA, DAT patients had significant quantitative or qualitative deficiencies in visual exploration and judgment of spatial relations abilities. But their performance on graphical planning did not differ from that of the control group. This finding is congruent with a number of previous studies showing that, early in the course of the disease, DAT patients are particularly impaired in visual search and judgment of line orientation tasks (Mendez et al., 1997; Eslinger & Benton, 1983; Eslinger, Damasio, Benton & Van Allen, 1985; Parasuraman et al., 1992; Greenwood et al., 1993; Ska et al., 1990). This study also reveals difficulties judging coordinate relations such as length and distance.

The absence of planning difficulties in drawing is not consistent with previous studies that showed anticipation deficits in DAT patients (Cronin-Golomb, 1990; Cummings & Benson,

1992; Passini et al., 1995; Rapoport, 1988; Zec, 1993). This could be explained by the planning tasks being insensitive to dementia or invalid. The majority of designs in the contingent planning task were selected from van Sommers' (1984) task based on their perceptual simplicity. However, the portion of the design intended to be reproduced first was also the most prominent one. If impulsive patients direct their attention toward the most apparent element of the visual scene, they would choose the most prominent one to draw first and succeed at the task. Furthermore, analysis of DAT subjects' production strategies in the copying of Rey's complex figure indicated that these were not sensitive to dementia either.

The presence of a combination of impairments underlying graphical copying difficulties in DAT is not compatible with a number of previous studies that explained CA by single factors, such as an attentional deficit or a semantic memory deficit (Moore and Wyke, 1984; Rouleau et al., 1996; Libon et al., 1996). Also, contrary to Ska's (1991) claim, the deficit in the judgment of line orientation cannot be interpreted as arising solely from a working memory deficit since different patterns of errors were observed. Nevertheless, semantic memory and working memory impairments should not be discarded as contributing factors to the CA of DAT patients. According to Guérin et al. (1999), impairments in semantic and visual knowledge and working memory from the visual imagery system lead to drawing difficulties. The difference between performance on freehand drawing and copying, often observed in DAT subjects, in favor of copying (Brantjes & Bouma, 1991; Kirz & Kertesz, 1991; Libon et al., 1996; Moore & Wyke, 1984; Rouleau et al., 1996), would then be related to the more drastic impact of a visual imagery deficit on freehand drawing than on copying. Following a visual imagery deficit, a form cannot be generated. Thus, access to a model during copying should facilitate the constructional process.

The examination of individual profiles revealed that CA in DAT patients evolves fairly homogeneously with the development of the disease. The patient with the mildest cognitive impairment according to the PENO exhibited normal performances for the copying, visual exploration and judgment of spatial relations tasks. This finding is congruent with studies observing that CA appears only in subgroups of patients at an early stage of dementia (Edwards et al., 1991; Martin et al., 1986; Mitrushina et al., 1995). At the mildest stage of DAT, CA would not be manifested. According to the qualitative analyses of the patient's performance, however, there were no signs that CA was developing. Indeed, his visual search and production strategies were very well organized. And the error types this patient made in the judgment of line orientation and visual search tasks were similar to those seen in normal aging. This patient's educational level may also have contributed to his intact performance, acting as a cognitive reserve that may have altered the clinical expression of his DAT (Alexander et al., 1997). In fact, the patient mentioned during the interview that he had more difficulties than before practising his hobby, which is building furniture. Thus, the visuoconstructional tasks presented may have been too simple for this well-educated patient, who was able to use compensatory strategies in visuoconstructional processing tasks.

The more severe a patient's dementia, the more his or her judgment of spatial relations and visual exploration abilities were impaired. Visual exploration tasks, however, were more sensitive to the severity level than judgment of spatial relations tasks. In fact, they were a good indicator of the severity of the global cognitive decline. The symbol visual search task, which is very sensitive to dementia, failed at an early stage. All the patients with CA had low scores for this task, which decreased as the severity of the dementia increased. A failure on the detection of differences or the bell visual search tasks revealed a moderate or severe visual exploration deficit in CA. The error whereby distracters that were physically similar to or different from the target were circled in visual search tasks was also an indicator of moderate

and severe dementia. However, contrary to Mendez et al. (1997) and Venneri et al.'s (1998) findings, unilateral visual neglect was not observed in the most severely cognitively altered patients. The latter missed many targets in both visual fields, even when the number of omissions was slightly larger in either the right or left visual field.

In spite of the relatively homogeneous character of CA in DAT, some variability between the judgment of spatial relations tasks was observed, regardless of the severity of dementia. Judgment of coordinate and categorical relations was selectively impaired. One patient showed deficiencies in the judgment of coordinate relations but not in the judgment of categorical relations. On the other hand, two patients were more impaired in the judgment of categorical relations than in the judgment of coordinate relations. This finding is congruent with studies that showed that DAT patients did not all score poorly on the judgment of line orientation (a categorical relation) (Eslinger & Benton, 1983) and that coordinate and categorical relations are encoded by two separate neural pathways in the right and left hemispheres, respectively (Hellige & Michimata, 1989; Kosslyn et al., 1992). However, because only one task of judgment of categorical relations was used and because variability was also observed between the judgment of length and distance tasks, any functional qualitative difference between those patients should be examined carefully. If they are found to be valid, these differences may occur because of the heterogeneity of neuropathological changes in Alzheimer's disease. There are other likely sources of variability, including factors such as education, gender, and the strategies that patients use to deal with their limitations (Bates, Appelbaum & Allard, 1991; Siegel, Shihabuddin, Buchsbaum, Starr, Haier & Valladares Neto, 1996).

Visuoconstructional abilities in the normal aging and DAT populations seem to change grossly along a quantitative continuum. Visuoconstructional deficits in normal aging are also

characterized by a decline in visual exploration and judgment of spatial relations (Guérin, Ska & Belleville, submitted). Yet, the bell visual search task may qualitatively differentiate DAT from normal aging, since this task is not sensitive to age (Guérin et al., submitted). Nevertheless, the first expression of CA in DAT patients is not poor performance on this task. Also, importantly, the very first manifestations of DAT may not include CA. Indeed, the least cognitively impaired patient had similar qualitative and quantitative patterns of visuoconstructional performance to the controls. If confirmed with a larger group of subjects, this finding indicates that the characterization of graphical copying processing may not help to delimit the frontier between DAT and normal aging. Further research must be conducted, however, to verify the influence of premorbid abilities on CA in DAT.

The error types made in visual search tasks and judgment of line orientation could also provide some interesting indices of qualitative differentiation between visuoconstructional processing in normal aging and in DAT. Indeed, the errors made by DAT patients, even at early stages, in judgment of line orientation may reveal the presence of a dementia. Nevertheless, the DAT patients did not systematically make these kinds of errors. Furthermore, the distinctive errors in visual search tasks (circling a distracter) did not appear at the early stages of DAT.

In conclusion, in spite of the small sample of DAT patients used here, the findings revealed some interesting information about the visuoconstructional manifestations of DAT. Visual exploration and judgment of spatial relations underlying copying processing evolve homogeneously with the severity of dementia. Nevertheless, intra-domain and between-domain variability can be observed. The judgment of spatial relations tasks were less sensitive to dementia than the visual exploration tasks. In fact, the latter seemed to constitute an indication of the severity of the dementia. By contrast, the judgment of coordinate and

categorical relations tasks were selectively impaired across patients regardless of the severity of dementia. However, because of the methodological pitfalls of transversal research, factors such as premorbid functioning and compensatory strategies, which were not controlled for, may explain some of this variability. In light of a theoretical framework of visuoconstructional processing, longitudinal case studies should expand our understanding of the development of manifestations of CA and their variability in DAT.

## **DISCUSSION GÉNÉRALE**

Les objectifs principaux de ce travail étaient d'entreprendre, à partir d'un modèle cognitif du traitement graphique, la caractérisation du déclin visuo-constructif survenant durant le vieillissement normal et de le distinguer de celui survenant chez des patients atteints de démence de type Alzheimer (DTA). Ce type d'études pourrait favoriser l'identification d'outils neuropsychologiques d'évaluation afin de valider le diagnostic de Maladie d'Alzheimer du vivant du patient. Dans un premier temps, un cadre cognitif du traitement graphique a été développé. Dans un deuxième temps, les habiletés visuo-constructives qui se modifient au cours du vieillissement normal ont été évaluées. Enfin, les profils d'atteintes visuo-constructives ont été étudiés chez des patients DTA. Un résumé des résultats de ces études et de leurs limites méthodologiques sera présenté avant d'aborder leur implication dans le domaine de la DTA sur le plan du diagnostic différentiel. De même, l'implication de l'ensemble de ces études dans le domaine de la neuropsychologie particulièrement concernant l'apraxie visuo-constructive est discutée. Enfin, des recherches futures sont suggérées.

## **1.1. Résumé des résultats**

### **1.1. 1. Caractère multifactoriel de l'apraxie visuo-constructive**

Jusqu'à présent, les études sur les modifications du fonctionnement visuo-constructif liées à l'âge et à la DTA n'ont pas tenu compte du caractère multifactoriel de l'AC faute de cadre théorique approprié. Le premier objectif de cette thèse était donc de développer un cadre théorique du traitement graphique en identifiant les différents mécanismes fonctionnels qui le sous-tendent. À la lumière d'une revue critique des théories en psychologie et neuropsychologie cognitive concernant le fonctionnement visuo-constructif, le concept de l'AC a pu davantage être défini. Il est maintenant évident que plus de deux atteintes cognitives peuvent entraîner une AC. L'analyse visuo-spatiale, la planification, l'imagerie visuelle, la programmation de l'action et la mémoire procédurale sont autant de systèmes impliqués dans le traitement graphique. Ces systèmes sont dégagés des modèles des habiletés à dessiner de



van Sommers (1989), de perception visuelle de Kosslyn et Koenig (1992), et d'imagerie visuelle de Farah (1984), ainsi que d'observations faites dans la littérature. La modélisation du fonctionnement visuo-constructif permet d'intégrer ces systèmes et de préciser les sous-systèmes et composantes qui les sous-tendent.

Les systèmes de perception visuelle et d'imagerie visuelle, qui partageraient les mêmes composantes, sont formés de deux voies parallèles : les traitements descendant et ascendant de perception visuelle, tels que proposés par Kosslyn et Koenig (1992). Le traitement ascendant comprend la mémoire sémantique, la mémoire visuelle, le sous-système dorsal (composantes d'encodage des relations spatiales coordonnées et catégorielles, *spatiotopic mapping*) ainsi que le tampon visuel (*visual buffer*) ou la mémoire de travail. De plus, la génération, l'inspection, et le maintien sont trois processus du système d'imagerie visuelle. Dans un système de production graphique, tel que proposé par van Sommers (1989), des habiletés de planification contingente s'apparentent à la résolution de problèmes dans les figures non familières pour lesquelles un ordre hiérarchique doit être respecté lors de la production. Enfin, la programmation de l'action spécifie la séquence des mouvements de la main en fonction des contraintes imposées, entre autres, par la tenue du crayon. La répétition de ces mouvements favoriserait leur encodage en mémoire procédurale. Des atteintes à différents niveaux de ce traitement graphique vont entraîner au moins trois types de déficits dans la copie de figures. Une atteinte au système de planification entraîne, entre autres, des difficultés d'organisation et à choisir la première partie de la figure à dessiner (van Sommers, 1989). Un déficit dans la localisation des stimuli ou dans le balayage visuel se manifeste suite à une perturbation au niveau d'une des composantes du système de perception visuelle (Kosslyn & Koenig, 1992). Une perturbation aux composantes d'encodage des relations spatiales coordonnées et catégorielles du sous-système dorsal du traitement ascendant de perception visuelle affecte le jugement des relations spatiales coordonnées et catégorielles (Kosslyn & Koenig, 1992). Ces deux types de relations spatiales sont encodés de façon

distincte aux niveaux des lobes pariétaux droit (coordonnées) et gauche (catégorielles) (Hellige & Michimata, 1989; Kosslyn, Chabris, Marsolek & Koenig, 1992). L'atteinte d'une de ces habiletés visuo-constructives (planification contingente, exploration visuelle et jugement des relations spatiales) entraînent donc des difficultés à copier des figures.

En confirmant le statut multifactoriel du traitement graphique, ce cadre théorique remet en question le caractère homogène de l'AC. Il remet aussi en question la spécificité des systèmes qui composent le traitement graphique. Ceux-ci sont en effet partagés avec d'autres traitements cognitifs soit ceux qui sont impliqués dans la reconnaissance visuelle des objets, la planification générale, l'imagerie visuelle et la programmation de l'action. Une lésion cérébrale affectant un de ces systèmes risquerait d'entraîner plusieurs déficits cognitifs dont l'AC. L'AC n'arriverait donc jamais seule. Par exemple, une atteinte aux composantes d'encodage des relations spatiales, en plus de causer une AC, nuirait à l'identification d'objets placés dans des positions non-canoniques (Kosslyn et Koenig, 1992). Cette conception suscite alors de nouvelles discussions, dans une perspective cognitive, sur les relations entre l'AC et l'agnosie visuelle, l'aphasie, et l'apraxie des membres. Elle indique également qu'il n'existe pas de module de praxie constructive similaire aux modules pour le traitement du langage ou de la mémoire.

Cette étude a ainsi permis de mettre en évidence des systèmes et composantes fonctionnels qui sous-tendent le traitement graphique, sans y être forcément spécifiques. Une atteinte à plusieurs niveaux des systèmes qui sous-tendent le traitement graphique entraîne des difficultés de planification, d'exploration visuelle et de jugement des relations spatiales dans la copie de figures.

### 1.1.2. L'AC dans le vieillissement normal

Dans une deuxième étude, les habiletés visuo-constructives de planification, d'exploration visuelle et de jugement des relations spatiales ont été étudiées spécifiquement dans le vieillissement normal de façon à dégager si les habiletés visuo-constructives et les tâches qui les mesurent sont sensibles ou non à l'âge. Dans ce dessein, les performances de sujets âgés ont été comparées à celles des sujets de moins de 40 ans de niveau scolaire similaire.

Les résultats révèlent que par rapport aux jeunes adultes, les aînés présentent des difficultés à tous les niveaux évalués de la copie de figure : exploration visuelle, jugement des relations spatiales et planification graphique. L'analyse des performances montre que certaines tâches ne sont pas sensibles à l'âge, à savoir les tâches de balayage visuel. Toutefois, les sujets démontrent un effet plafond à ces tâches.

Ces résultats montrent que les difficultés à copier des figures ne sont pas uniquement dues au déclin des lobes frontaux. Les personnes âgées normales sont aussi sensibles aux tâches visuo-spatiales gérées par les régions postérieures qu'aux tâches exécutives gérées par les régions antérieures du cerveau. En plus d'atteintes aux niveaux de la planification graphique attribuées à un déclin du fonctionnement exécutif, les aînés montrent des difficultés à juger les relations spatiales autant catégorielles (orientation, position) que coordonnées (distance, longueur). Les difficultés de localisation spatiale des aînés pourraient quant à elle être attribuées à un déclin aux niveaux des lobes frontaux et non pariétaux. En effet, elles ne seraient pas produites par une altération des processus d'engagement et de désengagement de l'attention visuelle (Parasuraman et al., 1992). Selon Kramer et al. (1994), le déclin de l'attention sélective avec l'âge serait plutôt causé par une perturbation des mécanismes d'inhibition spécifiques liée à une altération des lobes frontaux. Ces habiletés attentionnelles d'inhibition descendantes seraient impliquées dans la sélection des informations cibles et dans

la capacité d'ignorer et de contrôler l'accès et le maintien temporaire des informations distractrices (Dempster, 1992; Hasher & Zacks, 1988; Mc Dowd & Oseas-Kreger, 1991; pour une revue critique voir van der Linden & Hupet, 1994).

Les résultats de cette étude vont davantage dans le sens d'un déclin généralisé plutôt que spécifique des habiletés visuo-constructives dans le vieillissement normal. Compte tenu du déclin de toutes les habiletés visuo-constructives évaluées, l'influence d'un ralentissement du traitement de l'information, d'une diminution des ressources en mémoire de travail, ou des difficultés d'inhibition avec l'âge est fort possible. Cette influence aurait un effet général sur l'ensemble des tâches en fonction de leur degré de difficultés. D'ailleurs, contrairement à la proposition de Kramer et al. (1994), les déficits d'inhibition reliés à l'âge s'étendraient à des tâches qui sont gérées par le système dorsal (jugement des relations spatiales et catégorielles).

Toutefois, les résultats de cette étude ne nous permettent pas d'écarter la possibilité que le déclin visuo-constructif soit caractérisé par une association d'atteintes aux niveaux des habiletés d'anticipation de la planification, de jugement des relations spatiales catégorielles et coordonnées (position, orientation, longueur, distance) et de certains mécanismes du traitement descendant (*properties-look up*) sous-tendant l'exploration visuelle. À l'inverse, les composantes sous-tendant spécifiquement le balayage visuel comme certains vérificateurs de propriétés du traitement descendant (*properties look-up*) et les mécanismes d'engagement et de désengagement de l'attention dirigée pourraient demeurer intacts avec l'âge.

### 1.1.3. L'AC dans la DTA

Considérant l'objectif de comparer le profil visuo-constructif de personnes âgées normales avec celui de patients DTA, les performances de huit patients DTA de sévérité variée ont été comparées à celles d'un groupe de sujets non atteints neurologiquement, d'âge et de niveaux scolaires similaires, sur les trois mêmes habiletés visuo-constructives d'exploration visuelle, de jugement des relations spatiales et de planification graphique. Des analyses de groupe ont été d'abord effectuées de façon à identifier les habiletés visuo-constructives affectées dans la DTA. Une analyse des performances individuelles a également été réalisée de façon à identifier des signes précoces de la DTA et d'observer la détérioration visuo-constructive à différents stades de son développement.

La présente étude montre, entre autres, que les atteintes visuo-constructives chez les patients DTA évalués sont multiples, globalement homogènes et qu'elles évoluent durant la maladie mais pas de façon similaire. Certaines sont plus sensibles à la sévérité de la démence que d'autres. En effet, étonnamment, malgré la différence de sévérité d'atteintes cognitives, les performances individuelles correspondent globalement au profil du groupe. Les patients DTA qui montrent des difficultés à copier des figures se comportent comme le groupe; ils présentent tous des difficultés d'exploration visuelle et de jugement des relations spatiales coordonnées ou catégorielles. De même, aucun patient ne présente des troubles dans la tâche de planification graphique. De plus, le niveau de détérioration cognitive de la démence affecte globalement la sévérité de leurs atteintes visuo-constructives. Particulièrement, les tâches d'exploration visuelle, comparativement aux tâches de jugement des relations spatiales, sont de bons indicateurs de la sévérité de la démence des huit patients évalués. Il serait intéressant de vérifier avec un plus grand échantillon, si ces tâches peuvent être utilisées comme des outils rapides d'évaluation de la sévérité de la démence.

Néanmoins, des variabilités intra- et inter-fonctionnelles s'observent. D'une part, les patients DTA présentent des profils d'atteintes distincts aux tâches de jugement des relations spatiales. Certains ne présentent pas une atteinte à la tâche de jugement de relations catégorielles (orientation), mais une atteinte à une tâche de jugement des relations coordonnées (distance ou longueur). D'autres patients présentent le profil inverse. Les sources de variations peuvent être toutefois multiples: le niveau de scolarité, le genre, les stratégies que les patients utilisent pour compenser leurs limites et l'hétérogénéité des manifestations de la DTA.

D'autre part, l'analyse des résultats individuels permet d'isoler un patient qui ne présente pas d'atteintes à la copie de figures. Ses performances sont similaires à celles du groupe contrôle. Ce patient étant le moins sévèrement atteint cognitivement, son profil pourrait correspondre à celui qui caractérise le début du continuum du processus de la maladie.

#### **1.4. Aperçu des limites de ces études**

Le présent travail comporte plusieurs limites méthodologiques qui n'affectent toutefois en rien l'intérêt des résultats. Sur le plan de la validité interne, les études des premier et deuxième articles font face aux limites inhérentes à l'approche transversale. Dans l'étude sur le vieillissement normal les problèmes de l'effet de cohorte lié aux différences de générations se posent. Pour que cet effet est un impact minimal sur les résultats, les sujets jeunes ont été choisis de façon à ce que leur niveau de scolarité soit supérieur à celui des personnes âgées de deux ans. De même, pour diminuer la familiarisation à des tâches de type scolaire chez les sujets jeunes, ces derniers ne devaient plus fréquenter un établissement scolaire depuis au moins deux ans pour participer. Inversement, les individus âgés sont familiarisés aux tâches de recherches en ayant déjà participé, pour la plupart, à d'autres études.

Par ailleurs, étant donné que, selon de nombreuses études (i.e., Gordon et Kravetz, 1991; Mazaux et al., 1995; Wiederholt et al., 1993; Zappala et Smirni, 1993) les femmes droitères ont de moins bonnes performances aux tâches visuo-spatiales que celles des hommes droitiers, les résultats de l'étude sur le vieillissement visuo-constructif pourraient représenter une interaction de l'effet de l'âge et du genre sur les habiletés visuo-constructives. Il est possible que le déclin visuo-constructif soit plus important chez les femmes âgées que chez les hommes âgés. Toutefois, selon Fasteneau, Denburg et Hufford (1999), les effets du genre sont négligeables au test de copie de la figure complexe de Rey-Osterrieth chez 211 sujets jeunes et âgés de plus de 12 ans de scolarité. Le peu de sujets masculins âgés de notre échantillon ne nous permet cependant pas de vérifier ces hypothèses.

Le présent travail montre également une limite dans la validité externe liée à la généralisation des résultats due au biais d'échantillonnage et au peu de sujets DTA. Les sujets ne sont pas forcément représentatifs de la population québécoise. Les sujets n'ont pas tous été recrutés au hasard, mais d'une liste de sujets intéressés à participer à des recherches. Ces sujets peuvent présenter des profils particuliers qui diffèrent d'individus qui ne sont pas intéressés à participer à des recherches et qui ne sont pas familiers aux procédures d'évaluation. En revanche, malgré que la différence dans la proportion d'hommes et de femmes entre les deux groupes de l'étude sur le vieillissement ne permet pas de contrôler ou de vérifier l'interaction de l'âge et du genre sur les habiletés visuo-constructives, elle favorise une meilleure représentativité de leur population d'âge. En effet, l'espérance de vie est plus longue chez les femmes que chez les hommes. Les femmes en plus grand nombre dans la population vieillissante seraient également en meilleure santé. D'ailleurs, selon une étude de Wiederholt et al. (1993) effectuée auprès de 1 692 individus, les performances des hommes sur plusieurs tâches déclinent plus rapidement avec l'âge. Inversement, un échantillon de jeunes adultes comprenant autant d'hommes que de femmes est davantage représentatif de leur population.

Par ailleurs, étant donné que trop peu de patients DTA aient le même niveau de sévérité, il n'est pas possible de généraliser quant à l'évolution des déficits cognitifs selon la sévérité de la DTA. Les sujets dans chacun des niveaux de sévérité de démence ne représentent pas forcément l'étendue de la population DTA au même niveau d'évolution. Dans ce contexte, le continuum du déclin visuo-constructif entre les sujets âgés et DTA peut être observé que chez un sous-groupe de la population. En effet, le peu de sujets DTA en début d'évolution empêche l'émergence d'une hétérogénéité dans les profils visuo-constructifs et l'identification des sources de variations dans les manifestations visuo-constructives.

Compte tenu de ces limites méthodologiques, des études longitudinales doivent être davantage utilisées dans les études sur le vieillissement normal et pathologique. Elles permettraient d'éliminer l'effet de cohorte. De plus, elles favoriseraient l'identification de l'ordre d'apparition des troubles visuo-constructifs et leur éventuelle hiérarchisation et transformation avec le temps dans la DTA et le vieillissement normal en identifiant le ou les profils de développement des déficits visuo-constructifs dans la DTA. Des études longitudinales permettraient également de contrôler les variables liées aux capacités pré-morbides et celles d'établir des stratégies compensatoires.

Enfin, sur le plan méthodologique, la validité de certains items de la tâche de planification, développés par van Sommers (1984) et utilisés dans cette étude, semble incertaine. Pour ces items, la partie qui devait être débutée en premier est aussi la plus proéminente. De façon à vérifier l'anticipation graphique dans le choix de la première forme à dessiner, la grosseur des parties d'un item devrait être identique. Une tâche qui intègre l'évaluation de l'anticipation de l'ordre des étapes à effectuer lors de l'exécution du dessin, de la planification de la position, et de la taille du dessin pourrait être utilisée (Roncato et al., 1987).



Une des difficultés liées à l'élaboration d'une tâche de planification graphique valide et sensible à la démence sont le manque de compréhension des mécanismes de planification dans le traitement graphique. Des tâches de planification déjà normalisées chez des populations cérébrolésées comme la Tour de Londres et la Tour Bordeau-Montréal n'auraient pu être utilisées pour évaluer la planification graphique dans la DTA. Ces tâches exigent des capacités d'anticipation pour reproduire avec trois boules colorées un patron précis sur trois bâtonnets à partir d'un modèle. Les mécanismes de planification requis dans ces tâches ne correspondent pas nécessairement à ceux qui sont requis dans le traitement graphique.

Un autre problème qui se présente dans l'évaluation de la planification graphique est que les dessins familiers et routiniers peuvent être exécutés uniquement à partir de l'information emmagasinée en mémoire sémantique. Les habiletés pré-morbides des sujets pourraient influencer dans ce cas leur performance. De plus, certains dessins peuvent être très bien réalisés sans qu'une planification préalable ait été effectuée. Enfin, des capacités d'analyse visuo-spatiale exceptionnelles peuvent compenser des troubles de planification. Dans ce cas les sujets ont tendance à utiliser une stratégie trait-par-trait.

### **1.5. Implication des résultats dans le diagnostic différentiel de maladie d'Alzheimer**

À partir des deux études sur la caractérisation du fonctionnement visuo-constructif dans la DTA, le présent travail avait comme objectif d'apporter des outils supplémentaires au diagnostic différentiel de maladie d'Alzheimer. Toutefois, les résultats suggèrent que les différences entre les populations DTA et non démentes sont essentiellement quantitatives. Les populations se distinguent sur la sévérité des déficits visuo-constructifs et non sur le type d'atteintes. En effet, les troubles visuo-constructifs dans ces deux populations se caractérisent

par, au moins, un déclin d'exploration visuelle et de perception des relations spatiales. Les processus d'exploration visuelle requis dans la tâche de balayage visuel des cloches pourraient distinguer qualitativement la DTA du vieillissement normal étant donné que c'est la seule tâche qui ne démontre aucune sensibilité à l'âge. Néanmoins, la première expression de l'AC dans la DTA ne commence pas forcément par une baisse de performance à cette tâche.

Par ailleurs, les erreurs faites aux tâches de jugement d'orientation de lignes et de balayage visuel pourraient apporter des indices intéressants sur la différenciation qualitative entre le traitement graphique dans le vieillissement normal et la DTA. En effet, étant donné que les erreurs faites dans la tâche de jugement d'orientation de lignes par les patients DTA sont présentes à un stade précoce de la maladie, elles peuvent révéler la présence d'une démence. Malheureusement, tous les patients ne faisaient pas systématiquement ce type d'erreurs. Enfin, la première manifestation de la DTA pourrait ne pas inclure l'AC étant donné que le patient le moins atteint cognitivement avait des performances quantitativement et qualitativement similaires à celles des sujets contrôles. Cependant, avant de conclure que la caractérisation du traitement graphique ne peut aider à délimiter la frontière entre la DTA et le vieillissement normal, l'effet du fonctionnement pré-morbide sur les habiletés à dessiner doit être vérifié.

Ce travail met en évidence des obstacles particulièrement importants dans la délimitation d'une frontière claire entre la DTA et le vieillissement normal. Un de ceux-ci est l'existence possible d'un continuum entre les changements visuo-constructifs liés au vieillissement normal et ceux qui sont liés à la DTA. De plus, l'effet général ou spécifique de l'âge sur le fonctionnement visuo-constructif doit être caractérisé pour mieux distinguer le vieillissement visuo-constructif de l'AC dans la DTA. Dans ce contexte, le cadre cognitif du traitement graphique développé dans cette thèse, favorise la vérification de cet effet en permettant

d'analyser, comme le suggèrent Salthouse (1991) et Laver et Burke (1993), les opérations mentales impliquées dans une tâche.

La validation du diagnostic de maladie d'Alzheimer à partir des approches de la neuropsychologie et de la psychologie cognitive est toutefois limitée. Une interaction de plusieurs méthodes permettrait de documenter davantage les effets de la démence et de l'âge sur le fonctionnement visuo-constructif. En effet, parallèlement à l'identification des profils visuo-constructifs, les patrons de corrélation entre l'amplitude des composantes des potentiels évoqués et les habiletés visuo-constructives (e.g., Martinelli et al., 1996) ainsi que les patrons d'hypo- ou d'hyperfonctionnement de régions cérébrales à l'imagerie cérébrale fonctionnelle (Ichimiya, 1998) durant l'exécution de tâches mesurant les composantes du traitement graphique donneraient un portrait plus large du dysfonctionnement visuo-constructif dans la DTA et le vieillissement normal. Dans cette perspective, le raisonnement scientifique selon la logique diffuse (Sugeno & Yasukawa, 1993) emprunté à l'intelligence artificielle, en développement dans le domaine de la neuropsychologie, favoriserait l'émergence de nouveaux paradigmes expérimentaux. Selon la logique diffuse, au lieu de considérer les variables vraies ou fausses, un degré de véracité est attribué à ces dernières qui exprime une probabilité plus ou moins grande qui se situe entre « certainement vrai » et « certainement faux » (i.e., « probablement vrai », « peut-être faux », « probablement faux », etc.). Les paradigmes expérimentaux suivant ce raisonnement scientifique favoriseraient l'intégration des différentes techniques d'évaluation et l'analyse de la probabilité que les différents profils visuo-constructifs sont susceptibles d'apparaître suite à la DTA et le vieillissement normal.

## **1.6. Implications des résultats dans le domaine de l'apraxie visuo-constructive**

La présente thèse a de nombreuses répercussions dans le domaine de la neuropsychologie. Elle apporte une nouvelle façon de concevoir et d'étudier l'AC. La définition du caractère multifactoriel du traitement graphique ouvre de nombreuses voies dans l'étude du fonctionnement visuo-constructif autant chez les patients cérébrolésés que lors du développement cognitif durant l'enfance et le vieillissement. Elle favorise l'étude poussée des différentes habiletés visuo-constructives qui se développent ou qui déclinent avec le temps. De plus, l'AC ne peut plus être considérée comme un trouble unique dont on ne peut observer que la présence ou l'absence dans des populations cérébrolésées. Le présent travail a bien mis en évidence que les atteintes sous-tendant l'AC peuvent être multiples et peuvent évoluer différemment selon la progression de la maladie. À l'inverse, les déficits visuo-constructifs pourraient suivre différents profils de récupération suite à une lésion cérébrale selon sa localisation.

Le caractère multifactoriel du traitement graphique oblige à remettre en question le terme apraxie de construction qui ne reflète pas l'ensemble des atteintes sous-tendant ce trouble. Le terme apraxie de construction découle plus d'une description clinique que d'un modèle de fonctionnement. Le terme apraxie désigne la pathologie du geste, i.e., d'un comportement moteur devant être contrôlé (Signoret et North, 1979). Le trouble visuo-constructif ne dépend pas uniquement d'atteintes reliées à l'action gestuelle et motrice. Il n'est donc pas un phénomène apraxique au même titre que les apraxies gestuelles. D'ailleurs, avec le développement d'un modèle cognitif du traitement graphique, il devient possible de comparer les mécanismes sous-tendant les praxies gestuelles de celles qui sous-tendent les habiletés visuo-constructives. Selon le modèle cognitif de Rothi, Ochipa et Heilman (1991) l'apraxie

gestuelle se réfère, suite à une analyse visuelle, à un trouble au niveau du système sémantique d'action, du lexique d'action d'entrée ou de sortie, des patrons innervatoires et des systèmes moteurs. Le système sémantique d'action implique les connaissances conceptuelles liées à un objet : la connaissance de la fonction d'un outil ou d'un objet; la connaissance des actions indépendantes de l'outil; et la connaissance de l'organisation des actions simples en séquence. Les lexiques d'action sont comparables aux lexiques décrits dans le langage, mais y sont emmagasinés les gestes. La représentation espace-temps du geste est ensuite transformée en patrons innervatoires pour enfin que celui-ci soit exécuté à travers le système moteur. À la lumière de ce modèle et de celui décrit dans la présente thèse, l'apraxie visuo-constructive se distingue de l'apraxie gestuelle en ne reposant pas sur les mêmes types de dysfonctionnement cognitif. Néanmoins, des troubles visuo-constructifs peuvent apparaître suite à des troubles de la programmation de l'action. Il serait alors intéressant de comprendre comment ils se manifestent et quelles sont ses relations avec les apraxies gestuelles. L'apraxie visuo-constructive ne semble donc plus le meilleur terme pour désigner l'ensemble des troubles s'y rattachant. Toutefois, le terme apraxie visuo-constructive fait référence à une atteinte comportementale suite à une lésion cérébrale connue et décrite depuis presque un siècle; l'enlever du vocabulaire scientifique serait une vaine tâche. Ce terme ne devrait toutefois plus désigner un syndrome, mais une interaction d'atteintes cognitives qui devront être évaluées de façon approfondie.

Le modèle du traitement graphique ouvre une fenêtre sur différentes composantes de la cognition. L'évaluation de ces dernières permettra de mettre en évidence des déficits qui ne sont pas habituellement évalués dans une batterie neuropsychologique classique mais qui peuvent avoir des répercussions sur d'autres domaines de la cognition. Par exemple, l'observation d'une atteinte de l'imagerie visuelle dans l'AC peut amener à comprendre davantage les difficultés visuo-spatiales observées dans plusieurs tests neuropsychologiques. Suite à l'identification de la source de plusieurs déficiences cognitives chez un patient

cérébrolésé, la réadaptation dans ce cas pourra être mieux dirigée. Une évaluation exhaustive de l'AC ne peut se faire sans la compréhension des mécanismes sous-tendant toutes les tâches de construction. L'observation de difficultés du dessin graphique n'est qu'une façon de mettre en évidence une AC. Différentes tâches visuo-constructives telles que le dessin avec blocs ou bâtonnets existent. Ces tâches peuvent partager certains mécanismes avec le dessin graphique et en exiger d'autres. Des mécanismes visuo-constructifs non impliqués dans le traitement graphique demeurent donc à être décrits.

L'évaluation exhaustive des atteintes sous-tendant l'AC est d'autant plus importante que les batteries d'évaluation neuropsychologique sont encore celles qui étaient à l'origine utilisées pour dépister la présence de lésions cérébrales et d'identifier la localisation de la lésion. Avec l'avenue des techniques modernes d'imagerie cérébrale, ce but de l'évaluation neuropsychologique devient souvent secondaire. Les nouvelles batteries d'évaluation neuropsychologique devront contenir des tâches qui mesurent les composantes sous-tendant les systèmes cognitifs de façon à distinguer celles qui sont préservées de celles qui sont atteintes chez des patients cérébrolésés dans des buts de diagnostics différentiels et de réadaptation. Une batterie d'évaluation des composantes sous-tendant l'AC permettra de rejoindre ces objectifs cliniques.

### **1.7. Suggestions pour des recherches futures**

Les travaux de la présente thèse ont le mérite de faire partie d'une nouvelle voie de recherche qui demande à être davantage parcourue. Il faudra continuer à raffiner le modèle du traitement graphique de façon à mieux comprendre les habiletés à dessiner dans les populations vieillissantes normale et pathologique. L'influence sur les habiletés visuo-constructives des habiletés pré-morbides, du genre et de l'état affectif devra également être étudiée dans la DTA

de manière à la différencier de l'effet de l'hétérogénéité de la maladie. Les effets spécifiques et généraux de l'âge sur le traitement graphique devront également être précisés.

En effet, de façon à continuer l'étude du fonctionnement visuo-constructif dans les populations vieillissantes normale et pathologique les liens entre les systèmes et sous-systèmes du traitement graphique demeurent à être éclaircis. Les relations des systèmes de perception et d'imagerie visuelles dans le dessin doivent également être précisées et différenciées selon la condition de la tâche (copie ou de mémoire). Les mécanismes de planification graphique restent à être déterminés à la lumière de modèles de planification générale tels que celui de Shallice (1982, 1988). De plus, la relation entre les processus d'imagerie visuelle (maintien) et la planification doit être précisée. Enfin, les relations de la programmation de l'action avec le dessin doivent être dégagées de celles des autres activités gestuelles.

Dans le but de mieux caractériser le fonctionnement visuo-constructif dans le vieillissement normal et la DTA l'influence de différentes sources de variabilités autres que celles qui sont liées à la maladie ou à l'âge doivent être vérifiées: le fonctionnement pré-morbide, l'état affectif et le genre.

### ***1.7.1 Rôle du fonctionnement pré-morbide dans les habiletés à dessiner***

Le fonctionnement pré-morbide semble un facteur important pouvant entraîner une variabilité dans les performances des patients DTA et des personnes âgées normales. Les habiletés pré-morbides telles que mesurées par le niveau d'éducation peuvent de façon générale contribuer à épargner les performances visuo-constructives et jouer comme une réserve cognitive qui pourrait altérer l'expression clinique de la DTA (Alexander et al., 1997). Cette réserve cognitive pourrait jouer également un rôle dans le vieillissement normal.

De plus, le fonctionnement visuo-constructif semble particulièrement sensible à l'entraînement. Le niveau scolaire est un des facteurs qui favorise l'entraînement. Des corrélations sont d'ailleurs souvent observées entre la scolarité et le fonctionnement visuo-constructif chez des populations neurologiquement saines (Parente, 1984). L'entraînement des habiletés visuo-constructives peut se faire, entre autres, sur les plans visuo-spatial, de la planification, et procédural. L'étudiant apprend à faire attention à la position des parties des objets ou à leur forme. Il apprend également à planifier un dessin, tel que celui du cube, en le segmentant et l'exécutant ensuite dans un certain ordre. Dans ce contexte, les connaissances emmagasinées en mémoire sémantique favorisent l'exactitude des reproductions. De plus, avec l'habitude de dessiner un type d'objet, la mémoire procédurale peut guider la main. Ainsi, une interaction des connaissances emmagasinées en mémoires sémantique et procédurale peuvent rendre compte des différentes capacités à dessiner dans la DTA et le vieillissement normal. Cela peut expliquer pourquoi l'âge avancé de nombreux artistes n'affecte pas la qualité de leur peinture.

### ***1.7.2. Autres facteurs pouvant influencer le fonctionnement visuo-constructif***

L'état affectif est un autre facteur pouvant influencer les habiletés à dessiner dans la DTA et le vieillissement normal. Il est généralement connu que la sévérité de la dépression affecte les habiletés cognitives (Christensen, Griffiths, Mackinnon, & Jacomb, 1997). Plus particulièrement, il est fréquent d'observer en clinique des personnes déprimées avec d'importantes difficultés à dessiner. Les signes de dépression ne sont pas rares dans la DTA particulièrement en début d'évolution quand l'anosognosie n'est pas encore installée (Weiner, Svetlik, & Risser, 1997). Ce facteur demande à être contrôlé lors des études dans le dessin même dans des populations vieillissant normalement chez qui les signes de dépression



entraînent des troubles cognitifs à certaines tâches sensibles aux atteintes frontales dont l'attention et la planification (Beats, Sahakian, & Levy, 1996).

Le genre est une autre source de variabilité observée dans la DTA. Selon Siegel et al. (1996), la variabilité neuropathologique suggèrerait une propension à l'implication de l'hémisphère gauche dans le processus de la maladie d'Alzheimer chez les individus masculins. Une telle variabilité peut expliquer les différentes performances observées chez les sujets DTA au niveau du jugement des relations spatiales étant donné que l'encodage des relations spatiales dites coordonnées comme la longueur et la distance est gérée par l'hémisphère droit et l'encodage des relations spatiales dites catégorielles comme l'orientation et la position, par l'hémisphère gauche (Hellige & Michimata, 1989; Kosslyn, et al., 1992). D'ailleurs le patient DTA sévèrement atteint dans l'étude décrite dans le troisième article, qui présentait des difficultés à la tâche de jugement des relations spatiales catégorielles, et non aux tâches de jugement de relations spatiales coordonnées, était du genre masculin. Le peu de sujets DTA ne nous permet toutefois pas de confirmer l'influence du genre sur le traitement graphique. Il serait donc intéressant de vérifier si une dominance de l'hémisphère droit ou de l'hémisphère gauche existe dans l'AC des patients DTA selon le genre à travers leurs performances à l'encodage des relations spatiales coordonnées et catégorielles.

Des recherches futures comprenant des échantillons de patients DTA et de personnes âgées normales si possible homogènes en regard du niveau d'éducation et de l'entraînement graphique, du genre et de l'état affectif permettront donc de vérifier ces sources de variabilités. Les études longitudinales de patients DTA favoriseront un plus grand contrôle de ces facteurs sur le début et l'évolution de la maladie. De plus, les patients devront être évalués sur des tâches expérimentales contrôlées qui utilisent la méthodologie de la psychologie cognitive telles que celles qui sont employées dans l'étude de Kosslyn et al. (1992).

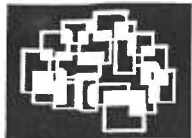
### ***1.7.3. Études des effets généraux et spécifiques de l'âge sur le traitement graphique***

Les recherches futures concernant le déclin visuo-constructif dans le vieillissement normal devront distinguer la contribution des processus généraux de celles des processus spécifiques. Dans cette perspective, le niveau de complexité et la demande en termes de processus d'inhibition doivent être contrôlés. Un modèle du vieillissement visuo-constructif qui tient compte de facteurs généraux et/ou particuliers pourrait alors se dégager.

Selon Balota et Duchek (1992), un modèle connexionniste serait avantageux pour vérifier l'effet global des changements cognitifs liés au vieillissement normal. Selon ces auteurs, il est possible qu'une simple diminution de l'activation dans le système sémantique puisse entraîner une diminution de la spécificité et de la force des interrelations des encodages. Dans ce contexte, il serait intéressant d'étudier la relation entre le système sémantique et le traitement graphique selon une approche connexionniste. Les effets des facteurs influençant la vitesse de traitement dans une tâche de copie de figure telle que le poids de l'expérience pourront alors être étudiés dans le vieillissement normal. Dans cette perspective, la construction de représentations en mémoire pour les jeunes adultes et les aînés, dont l'organisation et la force des structures du réseau préexistant pourra être contrôlée (Balota et Duchek, 1992). Cela permettra de vérifier, entre autres, si la vitesse de traitement est spécifique au domaine d'expertise.

Annexe I

Formulaire de consentement



Centre de recherche du  
Centre hospitalier Côte-des-  
Neiges

4565, chemin de la Reine-Marie, Montréal, Québec, H3W 1W5. Tél. : [REDACTED]. FAX : (514) 340-3548

**FORMULE DE CONSENTEMENT POUR MA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE**

Je, soussigné, \_\_\_\_\_, consens par la présente à participer au projet de recherche suivant, dans les conditions décrites ci-dessous:

**TITRE DU PROJET :** ÉVALUATION DES COMPOSANTES FONCTIONNELLES DES HABILITÉS VISUO-CONSTRUCTIVES CHEZ DES PERSONNES PRÉSENTANT DES TROUBLES DE MÉMOIRE

**RESPONSABLE(S) :** Fanny GUÉRIN, Dr. Bernadette SKA, et Dr. Sylvie BELLEVILLE

**OBJECTIF DU PROJET :** Obtenir des informations sur le fonctionnement intellectuel concernant des personnes âgées de plus de 60 ans présentant ou non des troubles de mémoire

**NATURE DE MA PARTICIPATION :**

Ma participation à ce projet consiste à répondre à un questionnaire sur ma santé physique (examen neurologique abrégé) et à faire des tâches qui vérifient l'état de mes habiletés à dessiner, à planifier, à faire des gestes, et qui vérifient mon attention, ma perception, et ma mémoire. Cette évaluation dure environ six heures, réparties en trois ou quatre séances, selon mes préférences. Les séances auront lieu au Centre hospitalier Côte-des-Neiges ou à domicile. Durant les séances une caméra filmera mes productions, mais mon visage ne sera pas filmé, et ma voix ne sera pas enregistrée.

**AVANTAGES PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

Il n'y a aucun avantage direct pouvant découler de ma participation sauf celui de contribuer à une meilleure compréhension du vieillissement des personnes présentant ou non des troubles de mémoire.

**INCONVÉNIENTS PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

Il n'y a aucun inconvénient direct pouvant découler de ma participation. Cependant, ma participation pourrait m'amener à ressentir un certain état de frustration, de stress et/ou de fatigue. De plus, les frais de déplacements ne pourront pas m'être remboursés.

**RISQUE :** Il est entendu que ma participation à ce projet de recherche ne me fait courir, sur le plan médical, aucun risque que ce soit. Il est également entendu que ma participation n'aura aucun effet sur tout traitement auquel je serais éventuellement soumis.

**INFORMATIONS CONCERNANT LE PROJET :**

On devra répondre, à ma satisfaction, à toute question que je poserai à propos du projet de recherche auquel j'accepte de participer.

Annexe 2  
Examen neurologique examen abrégé du PENO

EXAMEN NEUROLOGIQUE ABRÉGÉ
----------------------------

Nom du sujet \_\_\_\_\_

Identité numérique du sujet \_\_\_\_\_

Antécédents (opérations, maladies graves) .....

.....

.....

.....

Hypertension artérielle (haute pression: chiffre de pression, nombre d'années, traitement) .....

.....

Diabète (insulino-dépendant; diète ou médicament; coma hypo- ou hyper-glycémique) .....

.....

Maladie cardiaque athérosclérotique (douleur à la poitrine, angine; attaque du coeur, infarctus) .....

.....

Source emboligène cardiaque (palpitation; arythmie; problème de valve; souffle cardiaque) .....

.....

Insuffisance thyroïdienne (hypo-thyroïdie: médicament) .....

.....

Histoire d'anoxie cérébrale (manque d'oxygène: durée de l'arrêt respiratoire) .....

.....

Histoire de traumatisme crânien (accident avec perte de connaissance) .....

.....

Alcoolisme significatif (combien de verres par jour?) .....

.....

Toxicomanie significative (combien de pilules pour dormir ou de valium?) .....

.....

Antécédents psychiatriques (avez-vous déjà consulté un psychiatre? dépression traitée; hospitalisation; médicament) .....

.....

Identité numérique du sujet \_\_\_\_\_

Prise régulière d'anticoagulants ou d'antiplaquettaires (éclaircir le sang; entrophén, persantine) .....

Prise régulière d'antinéoplasiques (traitement contre une tumeur) .....

Prise régulière d'anticonvulsifs (crise d'épilepsie) .....

Prise régulière de stéroïdes (cortisone, prednisone) .....

Liste des médicaments .....

.....

Perte de vision non corrigée par des verres .....

Perte d'audition non corrigée par une prothèse auditive .....

Maux de tête fréquents .....

Étourdissements .....

Perte de connaissance .....

Engourdissements significatifs .....

Tremblements ou mouvements involontaires .....

Difficultés motrices (marche, préhension) .....

Trouble de l'équilibre .....

Chutes fréquentes .....

Hallucinations .....

Étouffements (liquide qui monte au nez) .....

Activité devenue impossible à cause d'incapacité .....

Changement de comportement noté par l'entourage .....

Annexe 3  
Résumé de l'évaluation du PENO



## RÉSUMÉ DE L'ÉVALUATION

Nom du sujet \_\_\_\_\_

Identité numérique du sujet \_\_\_\_\_

Dates de l'évaluation et âge du sujet:					
---	--	--	--	--	--

## EXAMEN DE LA MÉMOIRE:

mémoire logique (maximum=23)					
mémoire logique différée (maximum=23)					
reproduction visuelle (maximum=15)					
empan de mots					
rappel indicé/sémantique (maximum=10)					
rappel indicé/ébauche orale (maximum=10)					
complétion explicite (maximum=16)					
rappel (maximum=16)					
reconnaissance (maximum=16)					

## EXAMEN DU LANGAGE:

compréhension orale (maximum=47)					
dénomination orale (maximum=31)					
évocation lexicale/critère formel					
évocation lexicale/critère sémantique					
discours/petit chaperon rouge					
discours/sandwich					
discours/accident d'automobile					
discours/vol de banque					
répétition de mots (maximum=30)					
lecture de mots (maximum=30)					

## EXAMEN DES GNOSIES:

discrimination visuelle (maximum=10)					
appariement visuel sémantique (maximum=20)					
orientation de lignes (maximum=15)					
test des cloches (maximum=35)					

## EXAMEN DES PRAXIES:

pantomimes (maximum=35)					
gestes arbitraires (maximum=35)					
dessins/commande verbale (maximum=42)					
dessins/copie (maximum=42)					
copie de la figure de Rey (maximum=36)					

## EXAMEN DES FONCTIONS EXÉCUTIVES:

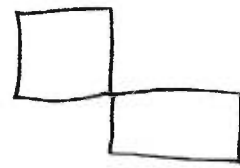
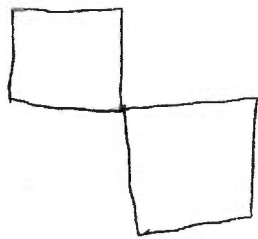
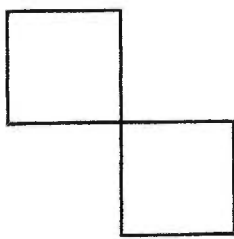
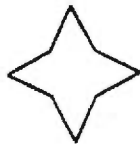
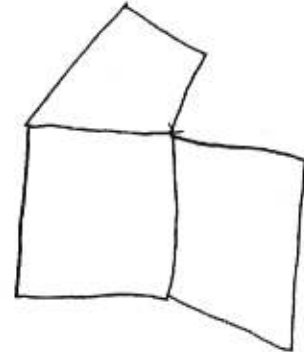
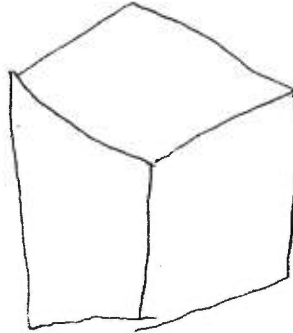
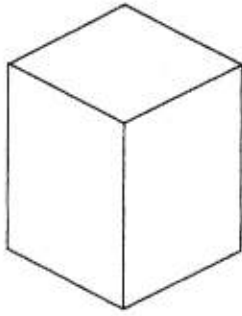
stroop (maximum=100)					
tour Montréal-Bordeaux (maximum=15)					

#### Annexe 4

Exemple de dessins produits par des sujets âgés à la tâche de copie

Sujet âgé 1  
âge : 72 ans  
scol. : 8 ans

Sujet âgé 2  
âge : 61 ans  
scol. : 10 ans



## Annexe 5

Critères de correction à la tâche de copie de figures (Carlesimo et al., 1993)

4 points : La perspective, l'orientation de lignes, les relations spatiales et les proportions entre les parties sont correctement reproduites.

3 points : Le modèle est facilement reconnaissable et tous les éléments constitutifs sont présents et bien placés, toutefois, une perte dans la perspective ou de légères imperfections dans l'orientation des lignes, les relations spatiales ou les proportions entre les parties sont observées.

2 points : Le modèle est assez facile à reconnaître mais un des éléments constitutifs manquent ou est mal placé et il y a de sérieuses imperfections concernant l'orientation de lignes, les relations spatiales, ou les proportions entre les parties.

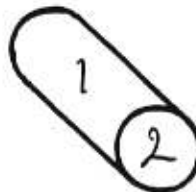
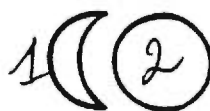
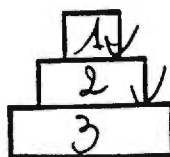
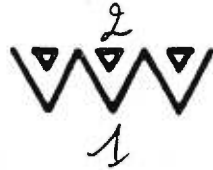
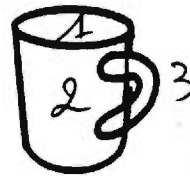
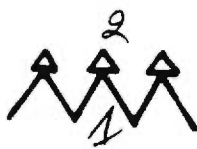
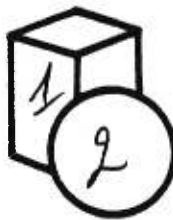
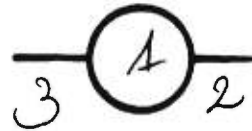
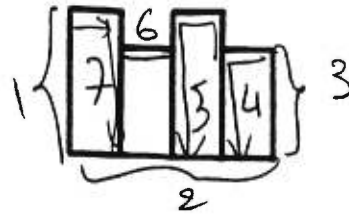
1 point : Le modèle est difficilement reconnaissable à cause du manque, ou de la mauvaise position de deux ou plusieurs éléments constitutifs et d'imperfections très importantes dans l'orientation des lignes, les relations spatiales entre les parties, ou les proportions entre les parties.

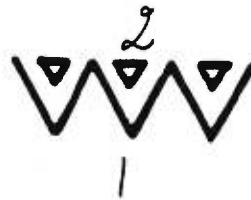
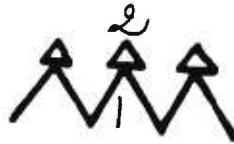
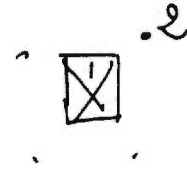
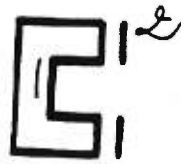
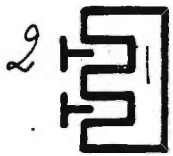
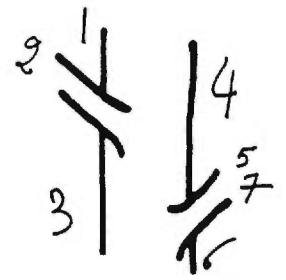
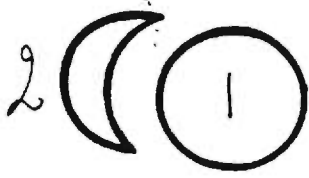
0 point : Le modèle n'est pas reconnaissable.

### Annexe 6

Items de la tâche de planification dont l'ordre d'exécution de chacun est indiqué chez deux sujets âgé et DTA

Sujet âgé 1  
âge : 72 ans  
scol. : 8 ans





DTA7  
 âge : 83 ans  
 scol. : 4 ans



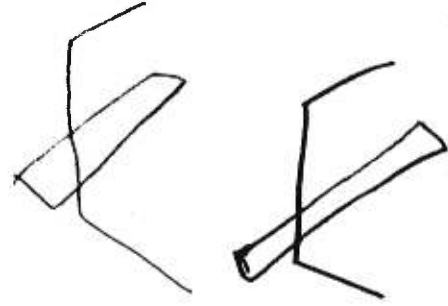
### Annexe 7

Exemple de dessins produits par des sujets âgés et DTA à la tâche de planification



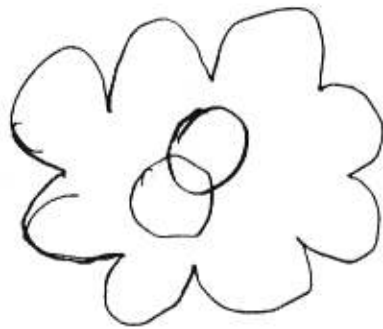
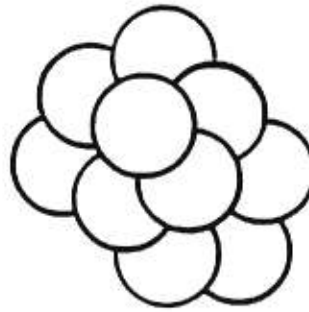
DTA7  
âge : 83 ans  
scol. :4 ans

DTA5  
âge : 77 ans  
scol. :13 ans

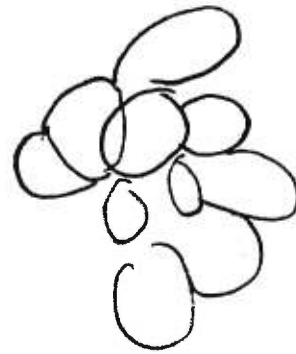


Témoïn 1  
âge : 72 ans  
scol. :8 ans

Témoïn 2  
âge : 61 ans  
scol. :10 ans



Témoïn 1  
âge : 72 ans  
scol. :8 ans

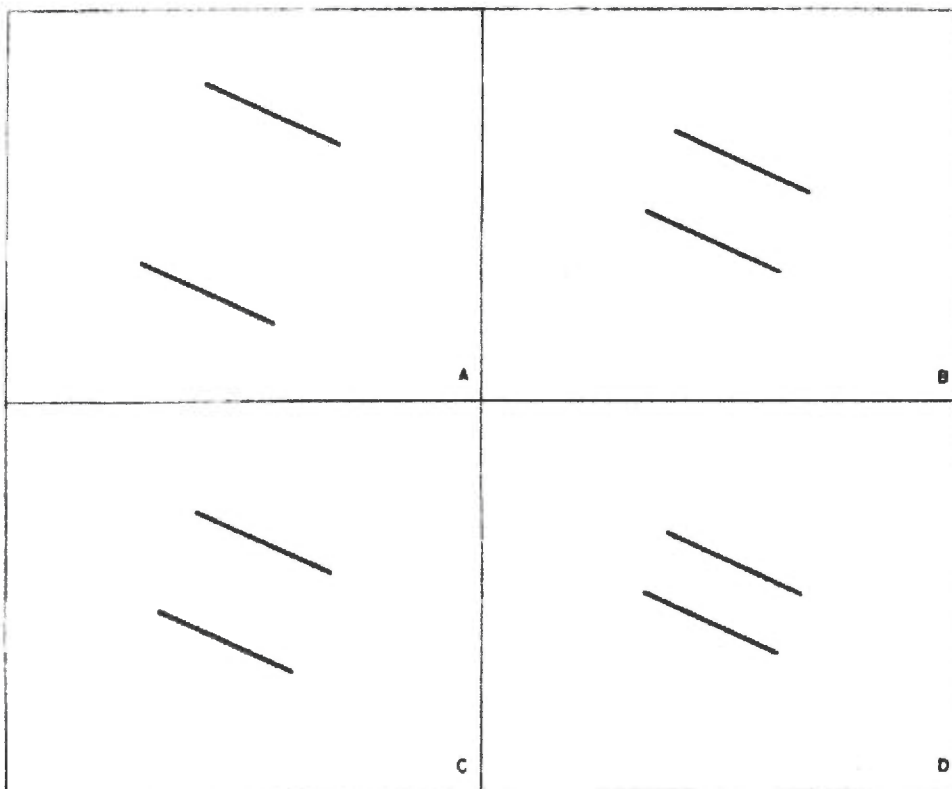
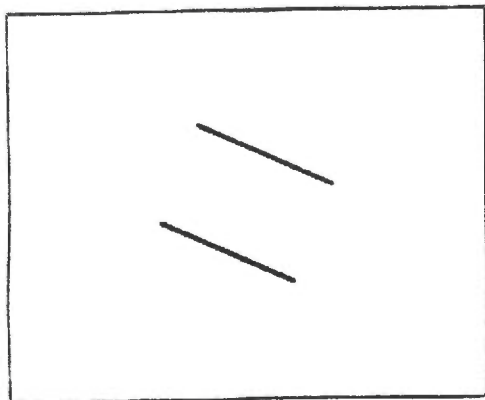


Témoïn 2  
âge : 61 ans  
scol. :10 ans

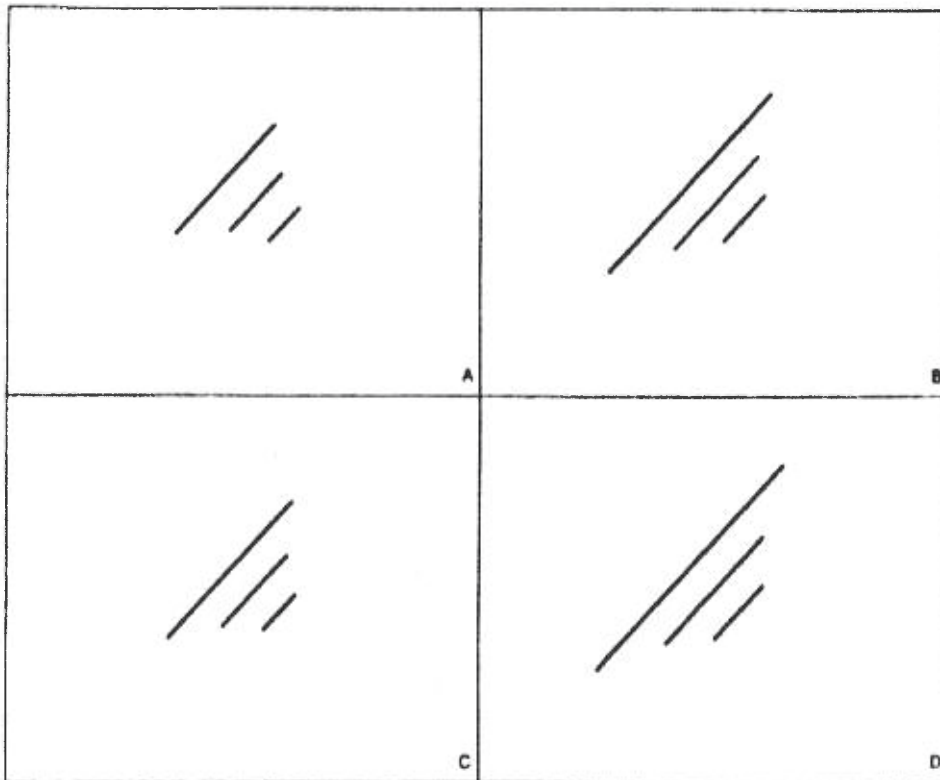
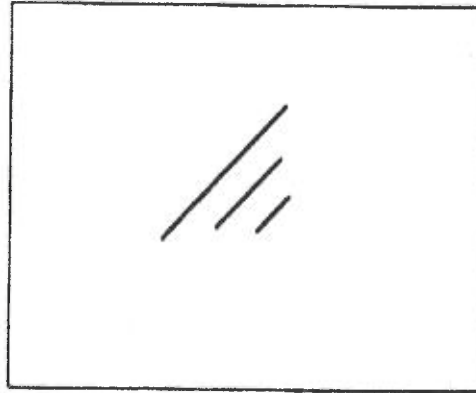
### Annexe 8

Exemples d'items des tâches de jugement des relations spatiales coordonnées et catégorielles

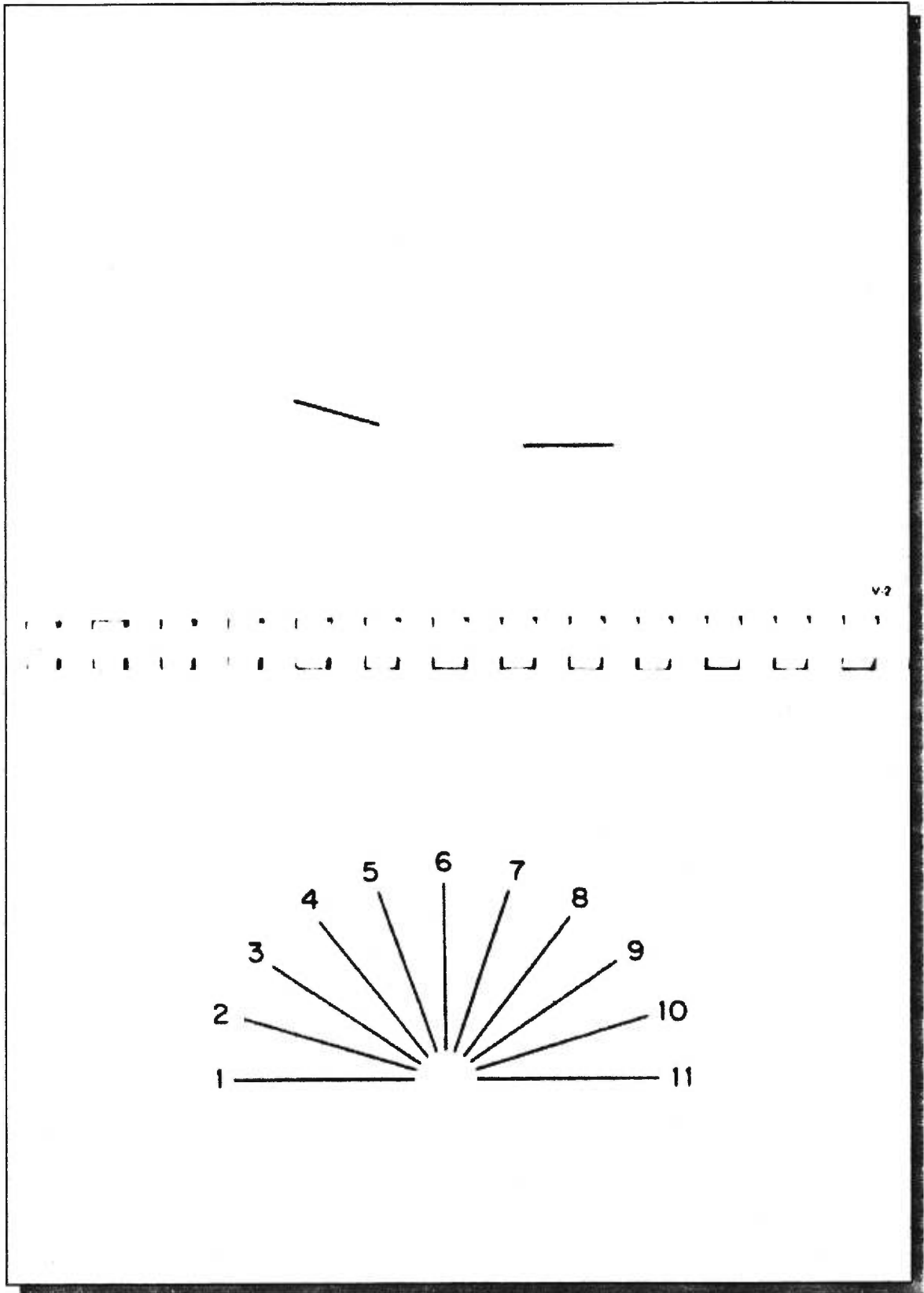
---

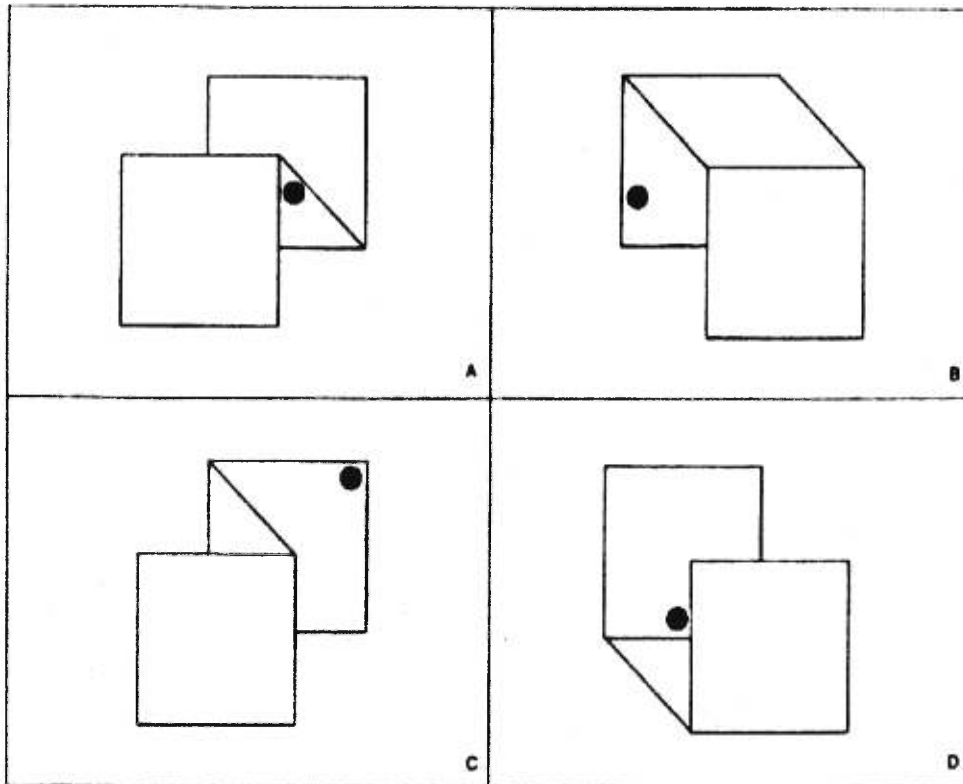
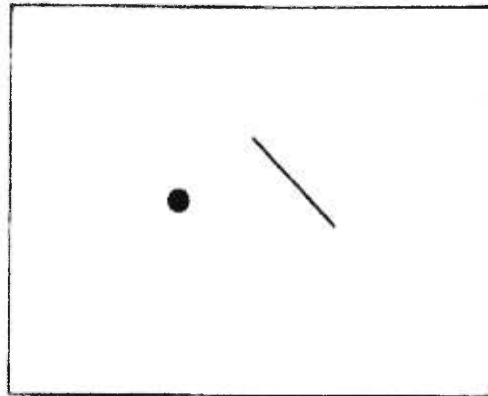


E AUCUN DE CES CHOIX



E AUCUN DE CES CHOIX



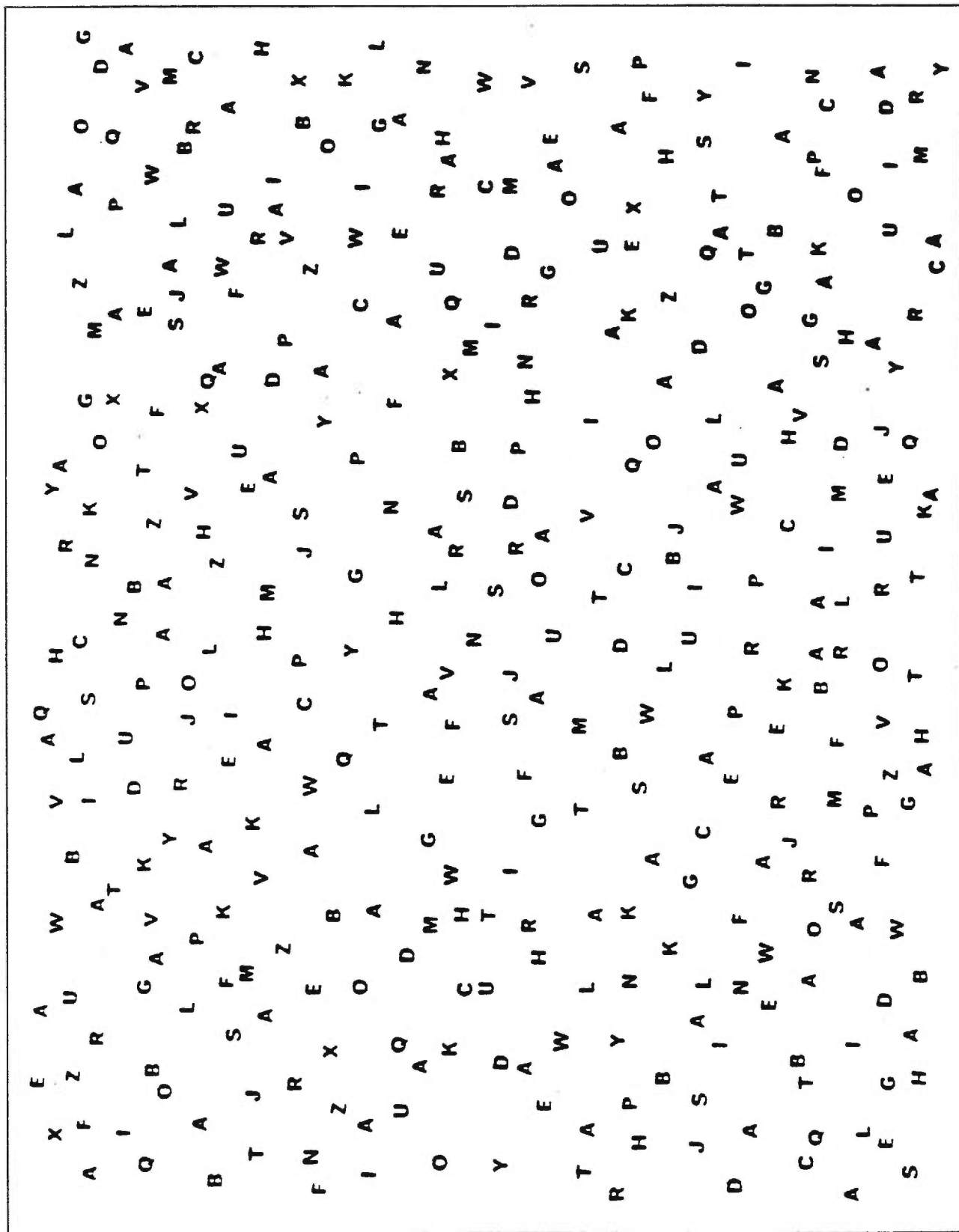


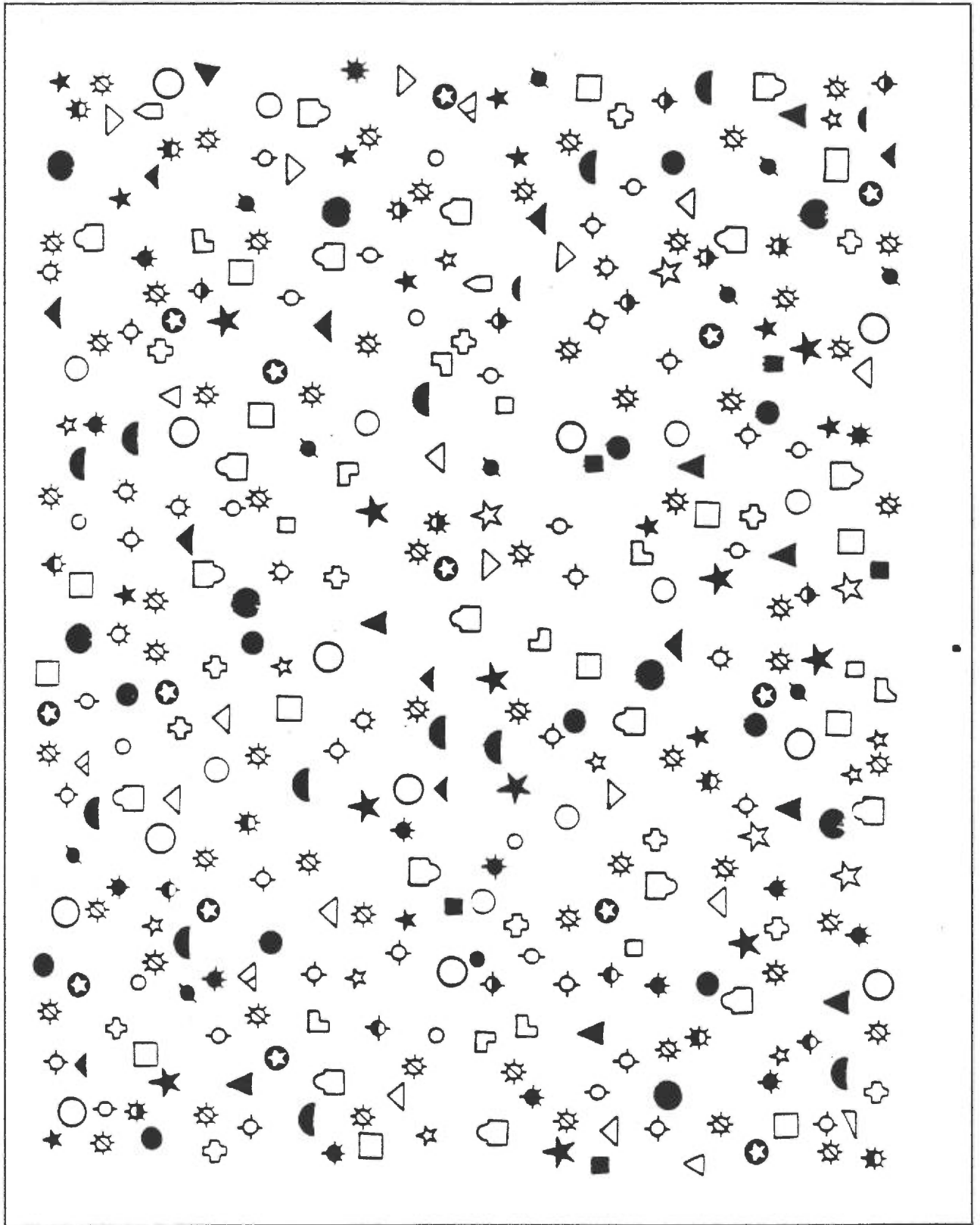
E AUCUN DE CES CHOIX

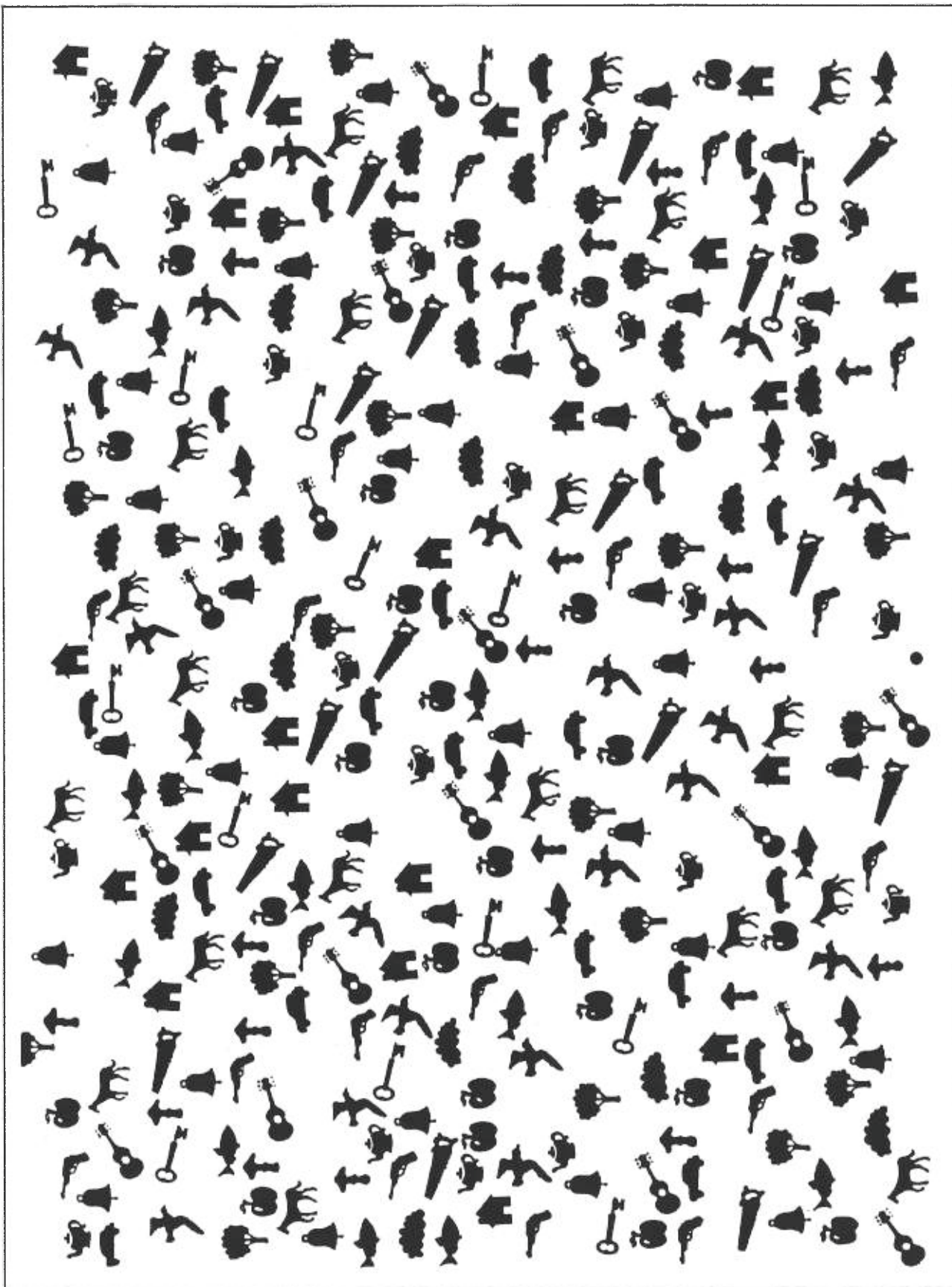
### Annexe 9

Tâches de balayage visuel: lettres, symboles, cloches









**REPERAGE VISUEL--CLOCHES**

Nombre de cloches/colonne: [ 1 2 0 1 ]

Poursuite: (1) très systématique; (2) semi-systématique; (3) anarchique [ ]

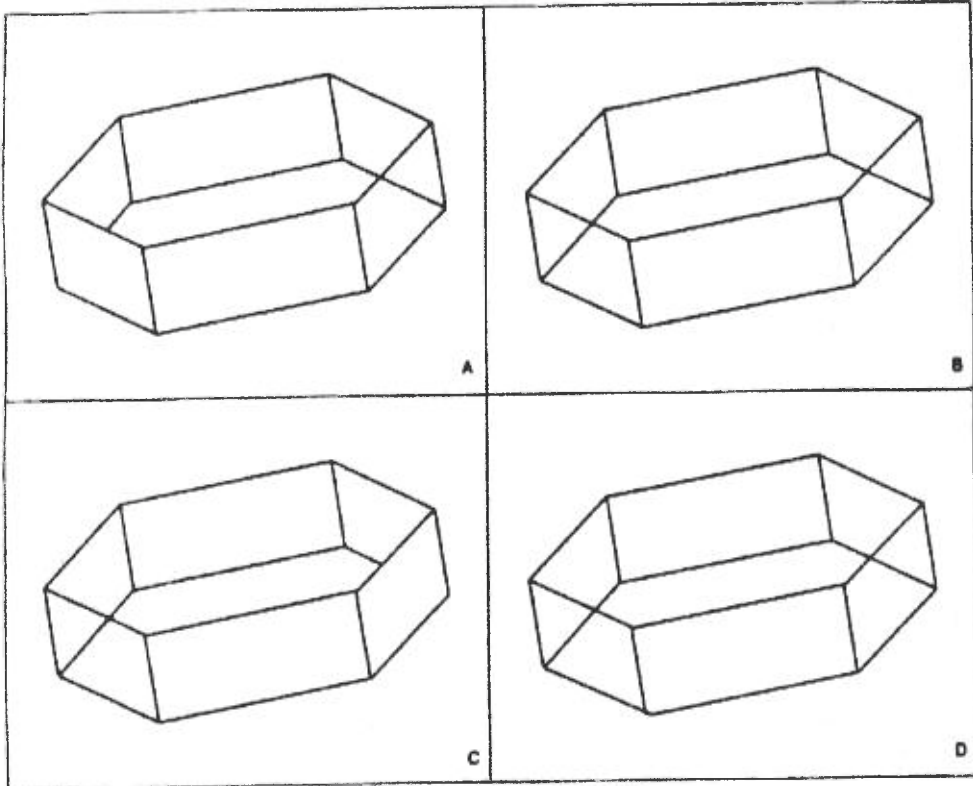
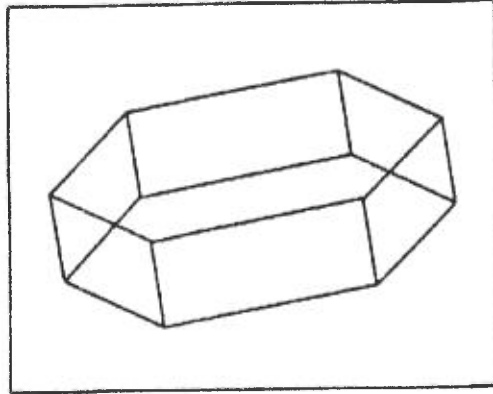
Identité du sujet [ ]

Enregistrement [ 1 2 0 1 ]

Début (HMMSS) [ ]

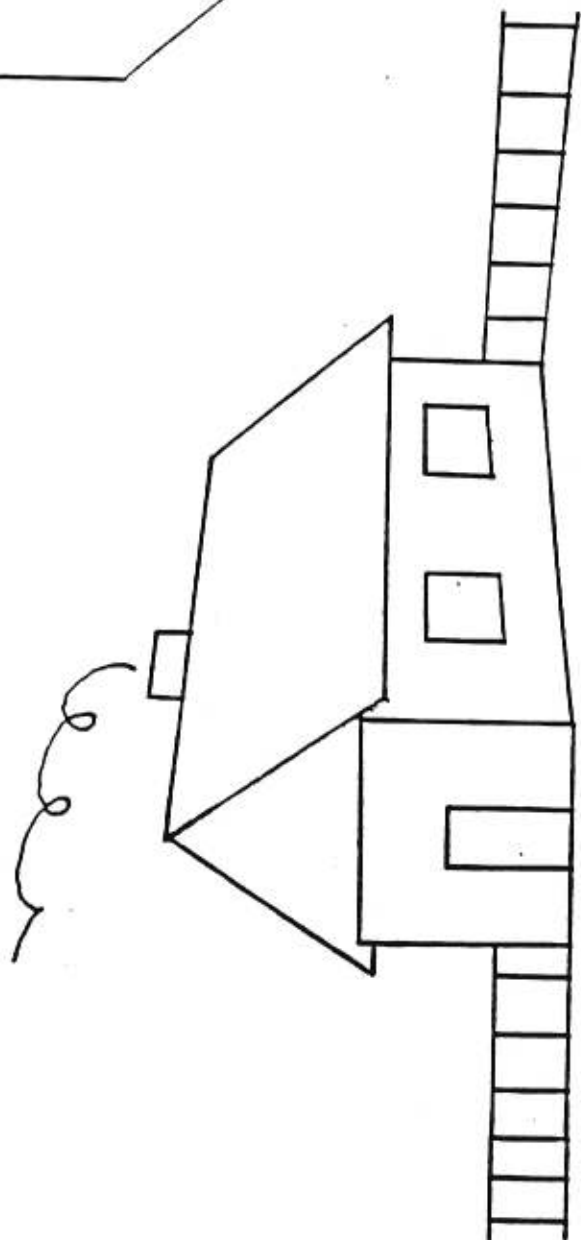
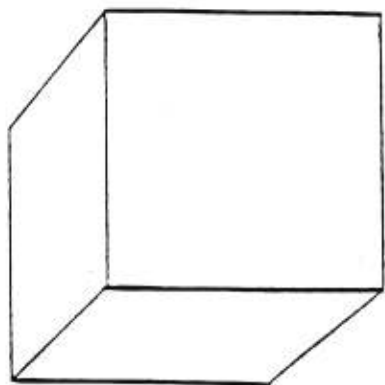
Fin (HMMSS) [ ]

**Annexe 10**  
**Exemple d'items de la tâche de détection de différences**



E AUCUN DE CES CHOIX

Annexe 11  
Exemples de modèles de copie de figures du PENO : maison et cube  
(Joanette et al., 1995)





Annexe 12  
Critères de correction du PENO de la copie du carré,  
du cercle, du cube, de la maison et de la figure complexe de Rey  
(Joanette et al., 1995)

## DESSINS

lorsque le sujet fait plus d'une production pour la même commande, il faut choisir le dessin qui offre le plus de points.

lorsqu'il y a plus d'une façon d'interpréter un dessin, il faut choisir la méthode qui est la moins simplifiante pour le sujet.

### Ind

- 1 méconnaissable.  
forme fermée comportant des courbes sans être entièrement arrondie.
- 2 ovale; forme arrondie où la longueur est au moins 1,25 fois la largeur (largeur/hauteur > 1,25).
- 3 cercle attendu.

### Quadr

- 1 méconnaissable.  
forme géométrique comportant plus de 4 côtés et 4 angles ou moins de 4 côtés et 4 angles.
- 2 rectangle ou trapèze; forme géométrique avec 4 côtés non égaux et 4 angles différents de 90 degrés.
- 3 carré avec 4 côtés égaux (rapport d'au moins 3/4,) et 4 angles de 90 degrés ( $90^\circ +$  ou  $- 5^\circ$ ).

### Tri

Attribuer 4 points maximum pour chacun des côtés s'il est difficile de calculer le nombre de face.

#### Face avant (1ère face)

- 2 côtés égaux parallèles 2 points.
- 4 côtés égaux 2 points.
- angles droits 4 points (1 point par angle droit).

#### Face dessus (2ème face)

- ébauche fermée identifiable d'une face 1 point.
- 3 côtés\* dessinés 3 points (1 point par coté).
- 2 angles aigus, 2 angles obtus 4 points (1 point par angle bien placé).

#### Face du côté (3ème face)

- face identifiable 2 points.
- traits de côtés\* 2 points (1 point par trait).
- angles 4 points (1 point par angle correct).

Trait supplémentaire dessiné -1 point par trait.

\*le prolongement d'un côté n'est pas considéré comme équivalent à un nouveau côté. Toutefois, si c'est évident que le sujet a fait 2 traits, accorder le point mais pas pour l'angle.

N.B. La cote de zéro est attribuée à toute production qui ne représente pas un quadrilatère qui, cependant, peut être irrégulière tel un trapèze.

<b>Grille d'analyse de la production maison</b>
---

cordier 1 point par item présent

une face (carré ou rectangle).

une deuxième face.

perspective (plan différent pour chaque face; un angle de plus de 5 degrés à la base de la maison. NOTE: ne pas considérer l'angle au toit puisqu'il est comptabilisé ailleurs).

un toit.

toit correctement placé sur la maison (respecte l'orientation des faces; pour l'ordre verbal considérer n'importe quelle représentation, pour la copie, il faut que la production respecte le dépassement du toit par rapport aux murs).

) porte.

) fenêtre(s).

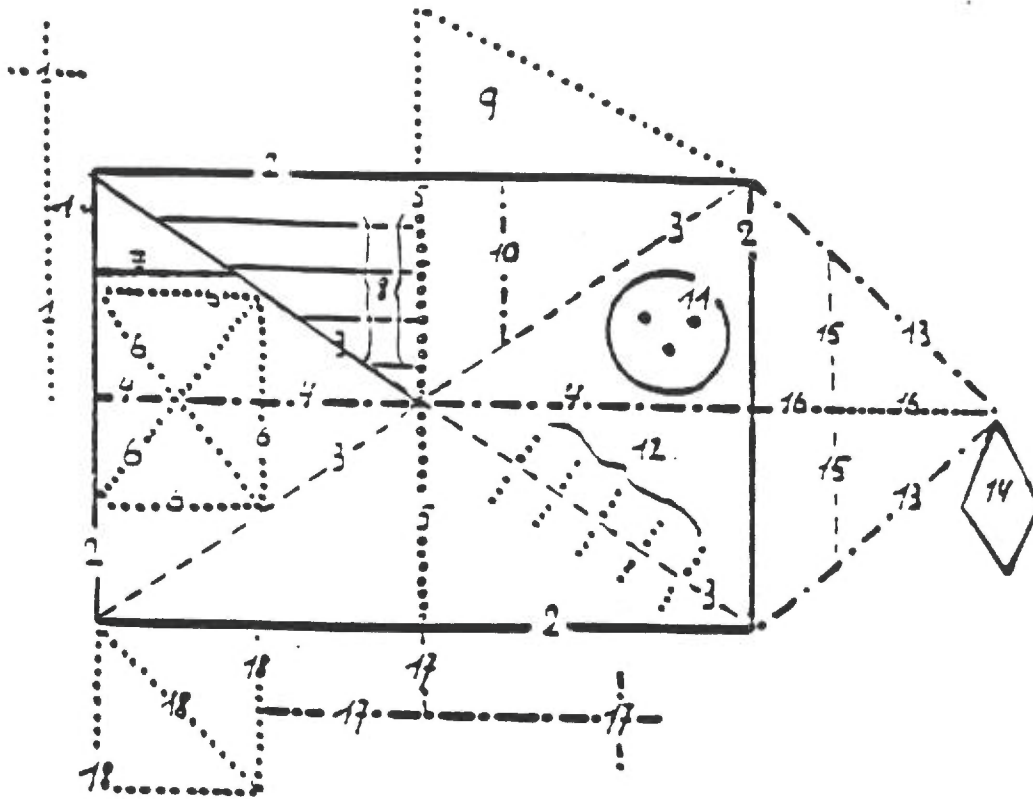
) cheminée.

) ajout (e.g., clôture, chemin, bas de porte).

0) traits bien connectés (e.g., pas plus d'une surcharge de lignes, pas plus de deux lignes non jointes, pas de lignes qui dépassent).

1) proportions respectées (pour la copie, la maison est plus large que haute; l'orientation de la clôture est respectée).

2) pas d'incongruités (e.g., transparence, porte en l'air, maison suspendue comme sur des pilotis incomplets). Ce point est accordé que si les items 1, 6 et 7 sont présents ou s'il y a au moins 5 items présents.



par élément	}	correct	}	bien placé : 2 points
				mal placé : 1 point
	}	déforme ou incomplet mais reconnaissable	}	bien placé : 1 point
		mal placé : 1/2 point		
		meconnaissable ou absent		0 point

## DÉROULEMENT

Les sujets âgés et DTA ont passé la batterie PENO les deux premières séances. Le PENO n'a pas été passé aux jeunes compte tenu de leur manque de disponibilité, et pour ne pas risquer de perdre des sujets jeunes en cours d'expérimentation.

### Séance 1: Peno (première partie)

Lors de cette séance, les tâches de coordination visuo-motrice de Frostig (1961) et de dessin du PENO (cercle, carré, cube, maison) sont passés aux sujets âgés et DTA.

### Séance 2: Peno (deuxième partie)

Lors de cette séance les tâches de jugement d'orientation de lignes, d'encerclement des cloches et la copie de la figure complexe de Rey sont passées aux sujets âgés et DTA.

### Séance 3: Tâches expérimentales

Les sujets jeunes passent la tâche de coordination visuo-motrice de Frostig (1961) en premier.

Tous les sujets ont passé les tâches expérimentales dans le même ordre suivant:

#### **A- Exploration visuelle:**

Les tâches d'exploration visuelle sont effectuées au début de la séance afin de diminuer les risques d'un effet de fatigue.

a- encerclement des symboles

b- encerclement des lettres

(tâche non gardée dans l'étude sur la DTA pour ne pas éliminer les patients avec des troubles de lecture)

c- comparaison de figures

#### **B- Dessins expérimentaux**

(tâche non gardée dans l'étude sur la DTA de façon à utiliser une tâche visuo-constructive davantage clinique: les dessins du PENO)

## PAUSE

pour les sujets âgés et DTA

Les sujets jeunes, n'ayant pas passé la batterie PENO, sont évalués à ce moment sur les tâches de **copie de la figure complexe de Rey, d'encerclement des cloches et de jugement d'orientation de lignes**. Ces tâches sont passées, comme dans la batterie PENO, au milieu d'une même séance, après les tâches de dessins et avant les tâches expérimentales de jugement des relations spatiales.

### PAUSE

pour les sujets jeunes

#### **C-Jugement des relations spatiales**

Ces tâches sont passées après les tâches de dessin de façon à ce que l'attention portée à la distance entre les lignes, la longueur des lignes, et la position des parties n'influence pas l'exploration visuelle des figures à copier.

a- distance

b-longueur

c- position

(tâche non passée aux patients DTA car ils n'arrivaient pas à comprendre la consigne)

#### **D- Planification**

Cette tâche est filmée de façon à enregistrer l'ordre d'exécution des dessins pour faciliter la cotation.

## RÉFÉRENCES

- Ajuriaguerra, J., & Hécaen, H. (1960). *Le cortex cérébral* (2nd. ed.). Paris: Masson.
- Ajuriaguerra, J., De Muller, M., & Tissot, R. (1960). À propos de quelques problèmes posés par l'apraxie dans les démences. *Encéphale*, 5, 375-401.
- Albert, M., Duffy, F.H. & Naeser, M. (1987). Nonlinear changes in cognition with age and their Neuropsychologic correlates. *Canadian Journal of Psychology*, 41(2), 141-157.
- Alexander, G.E., Furey, M.L., Grady, C.L., Pietrini, P., Brady, D.R., Mentis, M.J., & Schapiro, M.B. (1997). Association of premorbid intellectual function with cerebral metabolism in Alzheimer's disease: Implications for the cognitive reserve hypothesis. *American Journal of Psychiatry*, 154(2), 165-172.
- Ardila, A. & Rosselli, M. (1989). Neuropsychological characteristics of normal aging. *Developmental Neuropsychology*, 5(4), 307-320.
- Arena, R. & Gainotti, G. (1978). Constructional apraxia and visuoperceptive disabilities in relation to laterality of cerebral lesions. *Cortex*, 14, 463-473.
- Axelrod, B.N., & Henry, R.R. (1992). Age-related performance on the Wisconsin card sorting, similarities, and controlled oral word association tests. *The Clinical Neuropsychologist*, 6, 16-26.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Development in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485-493.
- Basso, A, Bisiach, E. & Luzzatti, C. (1980). Loss of mental imagery: A case study. *Neuropsychologia*, 18, 435-442.
- Bates, E., Appelbaum, M., & Allard, L. (1991). Statistical constraints on the use of single cases in neuropsychological research. *Brain and Language*, 40, 296-329.
- Beats, B.C., Sahakian, B.J., Levy, R. (1996). Cognitive performance in tests sensitive to frontal lobe dysfunction in the elderly depressed. *Psychological Medicine*, 26(3), 591-603.
- Becker, J.T., Huff, F.J., Nebes, R.D., Holland, A., & Boller, F. (1988). Neuropsychological function in Alzheimer's disease: Pattern of impairment and rate of progression. *Archives of Neurology*, 45, 263-268.
- Belleville, S., Peretz, I., & Malenfant, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in the dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychologia*, 34(3), 195-207.
- Benson, D., & Barton, M.I. (1970). Disturbances in constructional ability. *Cortex*, 6, 19-46.

- Benton, A.L. (1973). Visuoconstructive disability in patients with cerebral disease: Its relationship to side of lesion and aphasic disorder. *Documenta Ophthalmologica*, 34, 67-76.
- Benton, A.L., & Sivan, A.B. (1984). Problems and conceptual issues in neuropsychological research in aging and dementia. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 6(1), 57-63.
- Benton, A.L., Varney, N.R., & Hamsher, K. (1978). Visuospatial judgment: A clinical test. *Archives of Neurology*, 35, 364-367.
- Berry, D.T., Allen, R.S., & Schmitt, F.A. (1991). Rey-Osterrieth complex figure: Psychometric characteristics in a geriatric sample. *Clinical Neuropsychologist*, 5, 143-153.
- Berry, D.T., Allen, R.S., & Schmitt, F.A., (1991). Rey-Osterrieth Complexe figure: Psychometric characteristics in a geriatric sample. *Clinical Neuropsychologist*, 5(2), 143-153.
- Botez, M.I., Olivier, M. Vézina, J-L., Botez, T. & Kaufman, B. (1985). Defective revisualization: Dissociation between cognitive and imagistic thought case report and short review of the literature. *Cortex*, 21, 375-389.
- Botwinik, J. (1973). *Aging and Behavior*. New York: Springer.
- Boucher, K., Joannette, Y., & Poissant, A. (in preparation). Pertinence of the Mini-Mental State in establishing a diagnosis of dementia of the Alzheimer's type.
- Brantjes, M., & Bouma, A., (1991). Qualitative analysis of the drawings of Alzheimer Patients. *The Clinical Neuropsychologist*, 5(1), 41-52.
- Broderick, P. & Laszlo, J.I. (1988). The effects of carrying planning demands on drawing components of square and diamonds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 45, 18-27.
- Brouwers, P., Cox, C., Martin, A., Chase, T., & Fedio, P. (1984). Differential perceptual-spatial impairment in Huntington's and Alzheimer's dementias. *Archives of Neurology*, 41, 1073-1076.
- Bruyer, R., Seron, X. & Vankeerbergen, F. (1982). Lésion hémisphérique droite et indiçage directionnel dans une tâche visuoconstructive. *Neuropsychologia*, 20(3), 287-296.
- Carlesimo, G.A., Fadda, L., & Caltagirone, C. (1993). Basic mechanisms of constructional apraxia in unilateral brain-damaged patients: Role of visuo-perceptual and executive disorders. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 342-358.



- Chen, M.J., & Cook, M.L. (1984). Representational drawings of solid objects by young children. *Perception, 13*, 377-385.
- Chiulli, S.J., Haaland, K.Y., LaRue, A., & Garry, P.J. (1995). Impact of age on drawing the Rey-Osterrieth figure. *Clinical Neuropsychologist, 9*, 219-224.
- Christensen, H., Griffiths, K., Mackinnon, A., & Jacomb, P. (1997). A quantitative review of cognitive deficits in depression and Alzheimer-type dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society, 3*(6), 631-651.
- Couch, J.B. (1997). Behind the veil: Mandala drawings by dementia patients. *Art Therapy, 14*(3), 187-193.
- Cox, M. V. (1989). Knowledge and appearance in children's pictorial representation. *Educational Psychology, 9*(1), 15-25.
- Critchley, M. (1953). *The parietal lobes*. London: Arnold.
- Cromer, R.F. (1983). Hierarchical planning disability in the drawings and constructions of a special group of severely aphasic children. *Brain and Cognition, 2*, 144-164.
- Cronin-Golomb, A. (1990). Abstract thought in aging and age-related neurological disease. In R.D. Nebes, S. Corkin et al. (Eds.), *Handbook of Neuropsychology*, Vol. 4. Amsterdam: Elsevier Science Publishing Co.
- Cummings, J.L., & Benson, D.F. (1992). *Dementia: A Clinical Approach*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Daigneault, S., Braun, C.M.J., & Whitaker, H.A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology, 8*(1), 99-114.
- Danziger, W.L., & Salthouse, T.A. (1978). Age and the perception of incomplete figures. *Experimental Aging Research, 4*(1), 67-80.
- Dastoor, D.P., Schwartz, G., & Kurzman, D. (1991). Clock drawing: An assessment technique in dementia. *Journal of Clinical and Experimental Gerontology, 13*, 69-85.
- Dee, H.L. (1970). Visuoconstructive and visuo-perceptive deficit in patient with unilateral cerebral lesions. *Neuropsychologia, 8*, 305-314.
- Delorme, A. (1982). *Psychologie de la perception*. Éditions Études Vivantes: Montréal.
- Dempster, F.N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review, 12*, 45-75.
- Dobson, S.H., Kirasic, K.C., & Allen, G.L. (1995). Age-related differences in adults' spatial task performance: influences of task complexity and perceptual speed. *Aging and Cognition, 2*(1), 19-38.

- Edwards, D.F., Baum, C.M., & Deuel, R.K., (1991). Constructional apraxia in Alzheimer's disease: Contributions to functional loss. *Physical and Occupational therapy in Geriatrics*, 9(3-4), 53-68.
- Eslinger, P.J., & Benton, A.L. (1983). Visuo-perceptual performances in aging and dementia: Clinical and theoretical implications. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 5, 213-220.
- Eslinger, P.J., Damasio, A.R., Benton, A.L., & Van Allen, M., (1985). Neuropsychological detection of abnormal decline in older persons. *Journal of the American Medical Association*, 253, 670-674.
- Esteban-Santillon, C., Praditsuwan, R., Ueda, H., & Geldmacher, D.S. (1998). Clock drawing test in very mild Alzheimer's dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(10), 1266-1269.
- Farah, M. J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
- Farah, M.J., Levine, D.N. & Calvanio, R. (1988). A case study of mental imagery deficit. *Brain and Cognition*, 8, 147-164.
- Fastenau, P. S., Denburg, N. L., & Hufford, B. J. (1999). Adult norms for the Rey-Osterrieth Complex Figure Test and for supplemental recognition and matching trials from the extended Complex Figure Test. *Clinical Neuropsychologist*, 13(1), 30-47.
- Freedman, L., & Dexter, L.E. (1991). Visuospatial ability in cortical dementia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13, 677-690.
- Frostig, M. (1961). *Developmental Test of Visual Perception*. Consulting Psychologists Press.
- Gainotti, G. (1979). Les troubles visuo-constructifs par lésion hémisphérique droite et gauche. *Acta Neurologica of Belgica*, 79, 92-104.
- Gainotti, G., & Tiacci, C. (1970). Patterns of drawing disability in right and left hemispheric patients. *Neuropsychologia*, 8, 379-384.
- Gainotti, G., D'Erme, P., & Diodato, S. (1985). Are drawing errors different in right-sided and left-sided constructional apraxics? *Italian Journal of Neuroscience*, 6, 495-501.
- Gainotti, G., Miceli, G., & Caltagirone, C. (1977). Constructional apraxia in left brain-damaged patients: A planning disorder? *Cortex*, 13, 109-118.
- Gauthier, L., Dehaut, F., & Joanette, Y. (1989). The Bells test: A quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49-54.
- Gordon, H., & Kravetz, S. (1991). The influence of gender, handedness, and performance level on specialized cognitive functioning. *Brain and Cognition*, 15(1), 37-61.

- Grady, C.L., Maisog, J.M., Horwitz, B., Ungerlieder, L.G., Mentis, M.J., Salerno, J.A., Pietrini, P., Wagner, E., & Haxby, J.V. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *Journal of Neuroscience*, *14*, 1450-1462.
- Grailet, J.M., Seron, X., Bruyer, R., Coyette, F., & Frederix, M. (1990). Case report of a visual integrative agnosia. *Cognitive Neuropsychology*, *7*(4), 275-309.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., & Haxby, J.V. (1993). Changes in visuospatial attention over the adult lifespan. *Neuropsychologia*, *31*, 471-485.
- Griffiths, K., & Cook, M. (1986). Attribute processing in patients with graphical copying disability. *Neuropsychologia*, *24*, 371-383.
- Grossi, D., Orsini, A., Modafferi, A. & Liotti, M., (1986). Visuoimaginal constructional apraxia: On a case of selective deficit of imagery. *Brain and Cognition*, *5*, 255-267.
- Grossman, M. (1993). Semantic and perceptual errors in aphasics' freehand category drawing. *Neuropsychology*, *7*, 27-40.
- Grossman, M., Mickanin, J., Onishi, K., Robinson, K.M., & D'esposito, M. (1996). Freehand drawing impairments in probable Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *2*, 226-235.
- Guérin, F., Ska, B., & Belleville, S. (1999). Cognitive processing of drawing abilities. *Brain and Cognition*, *40*, 464-478.
- Guérin, F., Ska, B., & Belleville, S. (submitted). Characterization of picture copying abilities in normal aging. *Developmental Neuropsychology*.
- Hasher, L., & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 193-325). San Diego: Academic Press.
- Hécaen, H. & Assal, G.A. (1970). A comparison of constructive deficits following right and left hemispheric lesions. *Neuropsychologia*, *8*, 289-303.
- Hellige, J.B., & Michimata, C. (1989). Categorization versus distance: Hemispheric differences for processing spatial information. *Memory and Cognition*, *17*(6), 770-776.
- Horwitz, B. (1987). Brain metabolism and blood flow during aging. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (Supplement), *39*, 296-402.
- Huff, F.J., Becker, J.T., Belle, S.H., Nebes, R.D., Holland, A.L., & Boller, F. (1987). Cognitive deficits and clinical diagnosis of Alzheimer's disease. *Neurology*, *37*, 1119-1124.
- Ichimiya, A. (1998). Functional and structural brain imagins in dementia. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *52*, S223-5.

- Janowsky, J.S., & Thomas-Thrapp, L.J. (1993). Complex figure recall in the elderly: A Deficit in memory or constructional strategy? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *15*(2), 159-169.
- Joanette, Y., Belleville, S., Gély-Nargeot, M.-C., Ska, B., & Valdois, S. (submit). Pluralité des patrons d'atteinte cognitive accompagnant le vieillissement normal et la démence. *Revue neurologique*.
- Joanette, Y., Melançon, L., Ska, B., & Lecours, A.-R. (1993). Hétérogénéité des profils cognitifs dans la démence de type Alzheimer: aspects théoriques et conséquences cliniques. *Union médicale du Canada*, novembre, décembre, 420-426.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., & Giroux, F. (1994). Vers une multiplicité des profils des atteintes cognitives dans la démence de type Alzheimer. In M. Poncet, B. Michel & A. Nieoullon (eds.), *Actualités sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés* (pp.229-233).
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Bellavance, A., Gauthier, S., Gauvreau, D., Lecours, A.R., & Peretz, I. (1995a). Évaluation neuropsychologique et profils cognitifs des démences de type Alzheimer: Dissociations transversales et longitudinales. In F. Eustache and A. Agnel (eds.), *Neuropsychologie clinique des démences: Évaluations et prises en charge*. Marseille: Solal.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Lecours, A.R., & Peretz, I. (1995b). Évaluation neuropsychologique dans la démence de type Alzheimer: un compromis optimal. *L'Année Gériatrique*, *2*, 69-83.
- Kirz, A., & Kertesz, A. (1991). On drawing impairment in Alzheimer's disease. *Archives of Neurology*, *48*, 73-77.
- Klatszky, R.L. (1988). Theories of information processing and theories of aging. In L.L. Light & D.M. Burke (Eds.), *Language, Memory and Aging* (pp. 1-16). New York: Cambridge University Press.
- Kosslyn, S.M. (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*. Cambridge: The MIT Press.
- Kosslyn, S.M., & Koenig, O. (1992). *Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience*. New York: The Free Press.
- Kosslyn, S.M., Chabris, C.F., Marsolek, C.J., & Koenig, O. (1992) Categorical versus coordinate spatial relations: Computational analysis and computer simulations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 562-577.
- Kosslyn, S.M., Flynn, R.A., Amsterdam, J.B., & Wang, G. (1990). Components of high-level vision: A cognitive neuroscience analysis and accounts of neurological syndromes. *Cognition*, *34*, 203-277

- Kosslyn, S.M., Holtzman, J.D., Farah, M.J., & Gazzaniga, M.S. (1985). A computational analysis of mental image generation: Evidence from functional dissociations in split-brain patients. *Journal of Experimental Psychology: General*, *114*(3), 311-341.
- Kramer, A.F., Humphrey, D.G., Larish, J.F., Logan, G.D., & Strayer, D.L. (1994). Aging and Inhibition: beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, *9*(4), 491-512.
- Laver, G.D., & Burke, D.M. (1993). Why do semantic priming effects increase in old age? A meta-analysis. *Psychology and Aging*, *8*, 34-43.
- Lezak, M.D. (1983). *Neuropsychological Assessment* (2nd. ed.). New York: Oxford University Press.
- Libon, D.J., Glosser, G., Malamut, B.L., Kaplan, E., Goldberg, E., Swenson, R. & Prouty Sands, L. (1994). Age, executive functions, and visuospatial functions in healthy older adults. *Neuropsychology*, *8*(1), 38-43.
- Libon, D.J., Malamut, B.L., Swenson, R., Sands, L.P., & Cloud, B.S., (1996). Further analyses of clock drawings among demented and non demented older subjects. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *11*(3), 193-205.
- Libon, D.J., Swenson, R.A., Barnoski, E.J., & Sands, L.P. (1993). Clock drawing as an assessment tool for dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *8*, 405-415.
- Luria, A. R., & Tsvetkova, L. S. (1964). The programming of constructive activity in local brain injury. *Neuropsychologia*, *2*, 95-107.
- Mack, J.L., & Patterson, M.B. (1995). Executive dysfunction and Alzheimer's disease: Performance on a test of planning ability, the Porteus Maze. *Neuropsychology*, *9*, 556-
- Martin, A., Brouwers, P, Lalonde, F., Cox, C., Teleska, P., Fedio, P., Foster, N.L., & Chase, T.N. (1986). Towards a behavioural typology of Alzheimer's patient. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *8*(5), 594-610.
- Martin, A.J., Friston, K.J., & Frackowiak, R.S. (1991). Decreases in regional cerebral blood flow with normal aging. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, *11*(4), 684-689.
- Martinelli, V., Locatelli, T., Comi, G., Lia, C., Alberoni, M., Bressis, S., Rovaris, M., Franceschi, M., & Canal, N. (1996). Pattern of visual evoked potential mapping in Alzheimer's disease: correlations with visuospatial impairment. *Dementia*, *7*(2), 63-68.
- Mayeux, R., Stern, Y., & Spanton, S. (1985). Heterogeneity in dementia of the Alzheimer type: evidence of subgroups. *Neurology*, *35*(4), 453-461.
- Mazaux, J. M., Dartigues, J. F., Letenneur, L., Darriet, D., et al. (1995). Visuo-spatial attention and psychomotor performance in elderly community residents: Effects of age,

- gender and education. *Journal of clinical and Experimental Neuropsychology*, *17*(1), 71-81.
- Mc Dowd, J.M., & Oseas-Kreger, D.M. (1991). Aging, inhibitory processes, and negative priming. *Journal of Gerontology*, *46*, 340-345.
- Mc Khann, G., Drachmann, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E.M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: Report on the NINCDS-ADRDA work group under the auspices of the Department of Health and Human Services Task Forces on Alzheimer's disease. *Neurology*, *34*, 939-944.
- McFie, J. & Zangwill, O.L. (1960). Visual constructive disabilities associated with lesions of the left cerebral hemisphere. *Brain*, *83*, 243-260.
- Mendez, M.F., Ala, T., & Underwood, K.L. (1992). Development of scoring criteria for the clock drawing task in Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, *40*, 1095-1099.
- Mendez, M.F., Cherrier, M.M., & Cymerman, J. (1997). Hemispatial neglect on visual search tasks in Alzheimer's disease. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, *10*, 203-208.
- Mendez, M.F., Mendez, M.A., Marint, R., Smyth, K.A., & Whitehouse, P.J. (1990). Complex visual disturbances in Alzheimer's disease. *Neurology*, *40*, 439-443.
- Michalewski, H.J., Thompson, L.W., Smith, D.B.D., Patterson, J.V., Bowman, T.E., Litzelman, D., & Brent, G. (1980). Age differences in the contingent negative variation: reduced frontal activity in the elderly. *Journal of Gerontology*, *35*, 542-549.
- Mickanin, J., Grossman, M., Onishi, K., Auriacombe, S., & Clark, C. (1994). Verbal and non-verbal fluency in patients with probable Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *8*, 385-394.
- Miller, E. (1977). *Abnormal Ageing, the Psychology of Senile and Presenile Dementia*. London: Wiley.
- Mitrushina, M., Uchiyama, C., & Satz, P. (1995). Heterogeneity of cognitive profiles in normal aging: Implications for early manifestations of Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *17*(3), 374-382.
- Mohr, E., Litvan, I., Williams, J., Fedio, P., & Chase, T.N. (1990). Selective deficits in Alzheimer and Parkinsonian dementia: visuospatial function. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, *17*, 292-297.
- Moore, V., & Wyke, M.A. (1984). Drawing disability in patients with senile dementia. *Psychological Medicine*, *14*, 97-105.
- Morse, C.K. (1993). Does variability increase with age? An archival study of cognitive measures. *Psychology and Aging*, *8*, 156-164.

- Mottron, L., & Belleville, S. (1993). A study of perceptual analysis in a High-Level autistic subject with exceptional graphic abilities. *Brain and Cognition*, 23, .
- Nelson, E.A, & Dannefer, D. (1992). Aged heterogene drawings. *Experimental Aging Research*, 12, 221-225.
- Osterrieth, P.A. (1945). Le test de copie d'une figure complexe. *Archives de Psychologie*, 30, 205-353.
- Pan, G.D., Stern, Y, Sano, M., & Mayeux, R. (1989). Clock drawing in neurological disorders. *Behavioural Neurology*, 2, 39-48.
- Parasuraman, R., Greenwood, P.M., Haxby, J.V., & Grady, C.L. (1992). Visuospatial attention in dementia of the Alzheimer type. *Brain*, 115, 711-733.
- Parente, M.A. (1984). Habilidades construtivas em analfabetos. Um estudo de desenho e construcao de cubo. Sao Paulo: Pontifica Universidae Catolica.
- Passini, R., Rainville, C., Marchand, N., & Joannette, Y. (1995). Wayfinding in dementia of the Alzheimer type: Planning abilities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17, 820-832.
- Peña-Casanova, J., Roig-Rovira, T., Bermudez, A. & Tolosa-Sarro, E. (1985). Optic aphasia, optic apraxia, and loss of dreaming. *Brain and Language*, 26, 63-71.
- Phillips, W.A., Hobbs, S.B., & Pratt, F.R. (1978). Intellectual realism in children's drawings of cubes. *Cognition*, 6(1), 15-33.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presse Universitaire de France.
- Piercy, M., & Smith, V.O.G. (1962). Right hemisphere dominance for certain non-verbal intellectual skills. *Brain*, 85, 775-790.
- Piercy, M., Hécaen, H. & Ajuriaguerra, J. (1960). Constructional apraxia associated with unilateral cerebral lesions: Left- and right-sided cases compared. *Brain*, 83, 225-242.
- Pillon, B. (1981). Troubles visuo-constructifs et méthodes de compensation: Résultats de 85 patients atteints de lésions cérébrales. *Neuropsychologia*, 19(3), 375-383.
- Plude, D.J., & Doussard-Roosevelt, J.A. (1989). Aging, selective attention, and feature integration. *Psychology and Aging*, 1, 4-10.
- Plude, D.J., & Hoyer, W.J. (1986). Age and the selectivity of visual information processing. *Psychology and Aging*, 1, 4-10.
- Plude, D.J., Milberg, W.P., & Cerella, J. (1986). Age differences in depicting and perceiving tridimensionality in simple line drawings. *Experimental Aging Research*, 12(4), 221-225.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friderich, F.J., & Rafal, R.D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention? *Neuropsychologia*, 25,135-146.

- Riddoch, M.J. (1990). Loss of Visual imagery: A generation deficit. *Cognitive Neuropsychology*, 7(4), 249-273.
- Roncato, S., Sartori, G., Masterson, J., & Rumiati, R. (1987). Constructional apraxia: An information processing analysis. *Cognitive Neuropsychology*, 4(2), 113-129.
- Rosen, W.G. (1983). Neuropsychological investigation of memory, visuoconstructional, visuo-perceptual, and language abilities in senile dementia of the Alzheimer type. In R. Mayeux & W.G. Rosen, *The Dementias*. New York: Raven Press.
- Rouleau, I., Salmon, D.P., & Butters, N., (1996). Longitudinal analysis of clock drawing in Alzheimer's disease patients. *Brain and Cognition*, 31(1), 17-34.
- Rouleau, I., Salmon, D.P., Butters, N., Kennedy, C., & McGuire, K. (1992). Quantitative and qualitative analyses of clock drawings in Alzheimer's disease and Huntington's disease. *Brain and Cognition*, 18, 70-87.
- Royall, D.R., Cordes, J.A., & Polk, M. (1998). CLOX: An executive clock drawing task. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 64, 588-594.
- Salthouse, T.A. (1985). *A theory of cognitive aging*. Amsterdam: North-Holland.
- Salthouse, T.A. (1987). Adult age differences in integrative spatial ability. *Psychology and Aging*, 2(3), 254-260
- Salthouse, T.A. (1988). Resource deduction interpretation of cognitive aging. *Developmental Review*, 8, 238-272.
- Salthouse, T.A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Semenza, C., Denes, G., D'Urso, V., Romano, O., & Montorsi, T. (1978). Analytic and global strategies in copying designs by unilaterally brain-damaged patients. *Cortex*, 14, 404-410.
- Seron, X., & Jeannerod, M. (1994). *Neuropsychologie humaine*. Liège: Mardaga.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B298, 199-209.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Siegel, B.V., Shihabuddin, L., Buchsbaum, M.S., Starr, A., Haier, R.J., & Valladeres Neto, D.C. (1996). Gender differences in cortical glucose metabolism in Alzheimer's disease and normal aging. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 8(2), 211-214.
- Signoret, J.L., & North, P. (1979). *Les apraxies gestuelles*. Paris: Masson.
- Ska, B. (1994). Production de postures et mouvements volontaires dans la démence de type Alzheimer. In M. Poncet, B. Michel, & A. Nieoullon (Éds.), *Actualités sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés* (pp. 277-281). Marseille: Solal.



- Ska, B. (1987). *Caractéristiques de production gestuelles et graphiques lors du vieillissement normal et pathologique*. Conférence donnée à l'école de réadaptation de l'université de Montréal.
- Ska, B. (1991). Fonctions visuo-spatiales et praxiques dans la démence de type Alzheimer. In M. Habib, Y. Joannette, & M. Puel (Eds.). *Démences et syndromes démentiels: Approche neuropsychologique*. Paris: Masson.
- Ska, B., & Nespoulous, J.L. (1988). Stratégies d'encodage et performances au rappel d'une figure complexe par des sujets âgés normaux. *Canadian Journal of Aging*, 7, 397-402.
- Ska, B., Dehaut, F., & Nespoulous, J-L. (1987). Dessin d'une figure complexe par des sujets âgés. *Psychologia Belgica*, 27, 25-42.
- Ska, B., Désilets, H. & Nespoulous, J-L. (1986). Performances visuo-constructives et vieillissement. *Psychologia Belgica*, 26(2), 125-145.
- Ska, B., Joannette, Y., & Ceccaldi, M. (1992). Spécialisation hémisphérique et vieillissement normal. In J. Montangero (Ed.), *Psychologie de la personne âgée*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Ska, B., Joannette, Y., Poissant, A., Béland, R., Lecours, A. R. (1990). Language disorders in dementia of the Alzheimer type: Contrastive patterns from a multiple single case study. *Abstract of the Academy of Aphasia 28TH Annual Meeting*. Baltimore (USA), October 21-23.
- Ska, B., Martin, G., & Nespoulous, J-L. (1988). Image du corps et vieillissement normal: Représentation graphique et verbale. *Revue Canadienne de sciences comportementales*, 20(2), 121-132
- Ska, B., Poissant, A., & Joannette, Y. (1988). Production et reconnaissance visuo-spatiales lors du vieillissement normal. *Conference of the Canadian Psychological Association*, Montreal, June 8-10.
- Ska, B., Poissant, A., & Joannette, Y. (1990). Line orientation in normal elderly and subjects with dementia of Alzheimer's type. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 12, 695-702.
- Sugeno, M., & Yasukawa, T. (1993). A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1(1), 7-31.
- Sunderland, T., Hill, J.L., Mellow, A.N., Lawlor, B.A., Gundersheimer, J., Newhouse, P.A., & Grafman, J.H. (1989). Clock drawing in Alzheimer's disease: a novel measure of dementia severity. *Journal of the American Geriatric Society*, 37, 725-729.

- Thomas, G.V., & Tsalini, A. (1988). Effects of order of drawing head and trunk on their relative sizes in children's human figure drawings. *British Journal of Developmental Psychology*, 6, 191-203.
- Trojano, L., & Grossi, D. (1992). Impaired drawing from memory in a visual agnostic patient. *Brain & Cognition*, 20, 327-344.
- Troyer, A.K., Cullum, C.M., Smernoff, E.N., & Kozora, E. (1994). Age effects on block design: Qualitative performance features and extended-time effects. *Neuropsychology*, 8, 95-99.
- Tuokko, H., Hadjistavropoulos, T., Miller, J.A., & Brattie, B.I. (1992). The clock test: A sensitive measure to differentiate normal elderly from those with Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40, 579-584.
- Valdois, S., & Joannette, Y. (1991). Hétérogénéité du déclin cognitif associé au vieillissement normal. In M. Habib, Y. Joannette & M. Puel (Eds), *Démences et syndromes démentiels: Approche neuropsychologique* (pp.136-144). Masson: Paris.
- Valdois, S., Joannette, Y., Poissant, A., Ska, B. & Dehaut, F. (1990). Heterogeneity in the cognitive profile of normal elderly. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 12(4), 587-596.
- Van der Linden, M., & Hupet, M. (1994). *Le vieillissement cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France.
- van Sommers, P. (1984). *Drawing and Cognition*. New York: Cambridge University Press.
- van Sommers, P. (1989). A system for drawing and drawing-related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 6(2), 117-164.
- Venneri, A., Pentore, R., & Cotticelli, B., & Della Sala, S. (1998). Unilateral spatial neglect in the late stage of Alzheimer's disease. *Cortex*, 34, 743-752.
- Veroff, A.E (1980). The neuropsychology of aging: Qualitative analysis of visual reproductions. *Psychological Research*, 41, 259-268.
- Villa, G., Gainotti, G., & De Bonis, C. (1986). Constructive disabilities in focal brain-damaged patients. Influence of hemispheric side, locus of lesion and coexistent mental deterioration. *Neuropsychologia*, 24(4), 497-510.
- Weaver, H. (1978). *Divining the primary sense: Unfamiliar radiation in nature, art and science*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Wechsler, D. (1981). *Wechsler Adult Intelligence Scale*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Weiner, M.F., Svetlik, D., & Risser, R.C. (1997). What depressive symptoms are reported in Alzheimer's patients? *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 12 (6), 648-652.

- Weintraub, S., & Mesulam, M.M. (1987). Right cerebral dominance in spatial attention: Further evidence based on ipsilateral neglect. *Archives of Neurology*, *44*, 621-625.
- Welihan, W.M. & Leshner, E.L. (1985). Neuropsychological changes in frontal functions with aging. *Developmental Neuropsychology*, *1*, 371-380.
- Wiederholt, W. C., Cahn, D., Butters, N. M., Salmon, D. P., et al. (1993). Effects of age, gender and education on selected neuropsychological tests in an elderly community cohort. *Journal of the American Geriatrics Society*, *41*(6), 639-647.
- Wolk-Klein, G.P., Silverstone, F.A., Levy, A.P., Brod, M.S., & Brever, J. (1989). screening for Alzheimer's disease by clock drawing. *Journal of the American Geriatrics Society*, *37*, 730-734.
- Zappala, G. & Smirni, P. (1993). Spatial thinkink among adolescents: A qualitative analysis of sex differences. *Developmental Neuropsychology*, *9*(3-4), 199-206.
- Zec, R.F. (1993). Neuropsychological functioning in Alzheimer's disease. In R.H. Park, R.F. Zec & R.S. Wilson (Eds.), *Neuropsychology of Alzheimer's Disease and Other Dementias* (pp.3-80). Oxford: Oxford University Press.