

Université de Montréal

L'élaboration de la carte cognitive : évaluation d'une
nouvelle tâche à l'aide d'un labyrinthe à dimension humaine

Par

Sylvie Chouinard

Département de sciences biomédicales

Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M. Sc.)
en sciences biomédicales

Décembre, 1999

©Sylvie Chouinard, 1999



W
4
U58
2000
V.050

Library of Congress

Information on the use of this service is available in the
document titled "Library of Congress: A Guide to the Service"

Department of Science & Technology
Library of Congress

From the Department of Science & Technology
Library of Congress



Department of Science & Technology

Library of Congress

Page d'identification du jury

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

L'élaboration de la carte cognitive : évaluation d'une
nouvelle tâche à l'aide d'un labyrinthe à dimension humaine

présenté par :

Sylvie Chouinard

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Laurent Mottron	président-rapporteur
Roger Godbout	directeur de recherche
Constant Rainville	codirecteur de recherche
Yves Joannette	membre du jury

Mémoire accepté le : 00-05-17

Sommaire

Pour qu'une personne soit orientée dans l'espace, elle doit être en mesure de se former une représentation mentale adéquate de son environnement et de se situer par rapport à celle-ci. La carte cognitive qui est une représentation de l'environnement est impliquée dans de nombreux comportements de la vie quotidienne, tel que la recherche d'un emplacement, l'apprentissage d'une nouvelle route et l'estimation de distances entre différents endroits. La présente étude comporte deux objectifs principaux. Le premier objectif concerne l'élaboration d'une méthode d'évaluation de la carte cognitive dans un labyrinthe à dimension humaine. Le deuxième objectif consiste à évaluer la carte cognitive chez un groupe de jeunes adultes sains. Le labyrinthe à dimension humaine représente un excellent outil pour l'évaluation de la performance spatiale, car il permet de contrôler la majorité des variables. Il est construit afin de ne pas transmettre d'indices qui pourraient faciliter la tâche. L'un des intérêts du labyrinthe concerne la dimension locomotrice qui est préservée. Cette dimension est importante pour l'élaboration de la carte cognitive. Dans un labyrinthe à dimension humaine, 20 sujets (10 femmes, 10 hommes) ont été évalués dans trois types de tâches spatio-cognitives, soit : l'apprentissage d'un trajet, le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin du trajet. Ces deux dernières tâches permettent d'évaluer la présence d'une carte cognitive. Cette série de tâches a été répétée à trois niveaux de difficulté, soit aux trajets à 4, 6 et 8 intersections. Dans la tâche d'apprentissage d'un trajet, les sujets ont refait le trajet à cinq reprises pour chaque niveau de difficulté. Cette tâche a montré un apprentissage continu entre les différents essais, tel que révélé par le temps pris et le

nombre d'erreurs commises. De plus, tel qu'anticipé, on a remarqué une relation entre la performance sur cette tâche et le niveau de difficulté de la tâche : plus le niveau de difficulté était bas, meilleure était la performance. Par contre, on n'a pas observé de rapport entre la performance à la tâche de pointage et les niveaux de difficulté des trajets. Ainsi, dans la tâche de pointage, les sujets ont bien réussi les trajets à 4 et 8 intersections, mais ils ont éprouvé de la difficulté au trajet à 6 intersections. Une analyse plus poussée de la complexité des trajets a montré que le trajet à 6 intersections avait un indice de complexité (i.e. nombre de tournants par mètre à parcourir) plus élevé que les deux autres trajets. Les sujets ont bien réussi la tâche d'identification du dessin aux trois niveaux de difficulté, avec une amélioration de la performance d'un niveau à l'autre. Des analyses statistiques ont été réalisées pour vérifier le rapport possible entre les résultats aux différentes tâches. Un lien significatif entre la tâche d'apprentissage et la tâche de pointage au trajet à 4 intersections a été montré, ainsi qu'un lien entre la tâche d'apprentissage et la tâche d'identification du dessin au trajet à 6 intersections. Aucun lien entre les tâches de pointage et d'identification du dessin n'a été démontré. Cette étude a montré que le labyrinthe à dimension humaine permet d'évaluer la carte cognitive chez de jeunes participants sains.

Table des matières

Page d'identification du jury-----	ii
Sommaire-----	iii
Table des matières-----	v
Liste des tableaux-----	viii
Liste des figures -----	ix
Remerciements-----	x
<u>CHAPITRE 1 : INTRODUCTION</u> -----	<u>1</u>
Contexte théorique et expérimental-----	2
<i>Représentation cognitive de l'espace</i> -----	2
<i>Concept de la carte cognitive</i> -----	2
<i>L'élaboration de la carte cognitive</i> -----	5
<i>Les avantages et les fonctions de la carte cognitive</i> -----	7
<i>Les relations spatiales</i> -----	9
<i>Les relations spatiales impliquées dans la carte cognitive</i> -----	9
Les bases anatomo-fonctionnelles de l'orientation spatiale -----	10
<i>Substrats anatomiques de l'orientation spatiale et de la carte cognitive</i> -----	10
Évaluation de la performance spatiale-----	11
<i>Les tests papiers-crayons</i> -----	11
<i>Les tests virtuels</i> -----	13
<i>Les études écologiques</i> -----	14
<i>Le labyrinthe à dimension humaine</i> -----	15
Les objectifs et les questions de recherche -----	16

<u>CHAPITRE 2 : MÉTHODES</u>	<u>18</u>
Méthodologie -----	19
<i>Participants</i> -----	19
<i>Matériel</i> -----	19
<i>Instruments de mesure</i> -----	20
Description des tâches -----	20
<i>L'apprentissage d'un trajet</i> -----	20
<i>Le pointage vers le point de départ</i> -----	24
<i>L'identification du dessin</i> -----	24
<i>Procédure</i> -----	26
<u>CHAPITRE 3 : ANALYSE DES RÉSULTATS</u>	<u>27</u>
Méthode d'analyse -----	28
Tâche 1 : apprentissage d'un trajet-----	28
<i>Les temps d'apprentissage</i> -----	28
<i>Le nombre d'erreurs</i> -----	32
Tâche 2 : pointage vers le point de départ -----	36
<i>Analyse descriptive</i> -----	36
<i>Distribution de fréquence</i> -----	37
Tâche 3 : identification du dessin -----	39
<i>Analyse descriptive</i> -----	39
<i>Distribution de fréquence</i> -----	40
Interaction entre les tâches -----	41
<i>L'apprentissage d'un trajet et les deux autres tâches : le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin</i> -----	41
<i>Le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin</i> -----	42

<u>CHAPITRE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION</u>	43
L'apprentissage spatial -----	44
<i>Facteurs temps</i> -----	44
<i>Facteurs erreur</i> -----	45
<i>Implication de la mémoire de travail</i> -----	45
L'évaluation de la carte cognitive -----	46
<i>Configuration des trajets</i> -----	46
<i>Complexité de la tâche</i> -----	47
<i>Habitation</i> -----	48
Lien entre les différentes tâches -----	48
Conclusion -----	50
RÉFÉRENCES -----	52
APPENDICE A : PROCÉDURE DANS LE LABYRINTHE -----	xi
APPENDICE B : DONNÉES BRUTES -----	xvii

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différence des moyennes entre les essais en fonction de l'indice du temps d'apprentissage (secondes)-----	31
Tableau 2 : Différence des moyennes entre les niveaux de difficulté en fonction de l'indice du nombre d'erreurs-----	35
Tableau 3 : Différence des moyennes entre les essais en fonction de l'indice du nombre d'erreurs-----	36
Tableau 4 : Fréquence de réussite pour la tâche de pointage vers le point de départ----	37
Tableau 5 : Fréquence de réussite pour la tâche d'identification du dessin-----	39
Tableau 6 : Fréquence des schémas dans la tâche d'identification du dessin-----	40

Liste des figures

Figure 1 : Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 4 intersections.-----	21
Figure 2 : Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 6 intersections.-----	22
Figure 3 : Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 8 intersections.-----	23
Figure 4 : Choix des schémas dans la tâche d'identification du dessin pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).-----	25
Figure 5 : Temps d'exécution dans la tâche d'apprentissage d'un trajet pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).-----	29
Figure 6 : Représentation de l'indice d'apprentissage en fonction du temps $((T2-T1)/T1)$ pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).-----	30
Figure 7 : Nombre d'erreurs sur la tâche d'apprentissage d'un trajet pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 points d'intersection).-----	32
Figure 8 : Représentation de l'indice d'apprentissage en fonction du nombre d'erreurs (E/I) pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).-----	34
Figure 9 : Distribution de l'angle des réponses dans la tâche de pointage vers le point de départ pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections)-----	38

Remerciements

Je remercie mon directeur de recherche M. Roger Godbout (Ph.D.) pour m'avoir fait confiance en acceptant de me superviser pour cette maîtrise. Je tiens à souligner l'expertise, le support et la patience dont il a fait preuve à mon égard au cours des deux dernières années. Je suis également très reconnaissante envers mon co-directeur M. Constant Rainville (Ph.D.) pour son assistance d'expert et sa disponibilité dans la préparation de ce mémoire.

Je remercie Francine Giroux pour sa collaboration dans l'analyse des données. Je remercie aussi Denise Varennes responsable de mon département pour les renseignements qu'elle m'a fournis.

Finalement, je souhaite témoigner toute ma gratitude envers mon conjoint Bernard, ma fille Bianca et mes parents pour tous leurs encouragements et l'assistance dont ils m'ont entourée.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

Contexte théorique et expérimental

Représentation cognitive de l'espace

La carte cognitive qui réfère à une représentation cognitive de l'environnement constitue une approche influente dans l'étude de l'orientation spatiale chez l'humain. La carte cognitive est impliquée dans de nombreux comportements de la vie quotidienne tels que la recherche d'un emplacement, l'apprentissage d'une nouvelle route, l'estimation de distances entre différents endroits, la localisation d'un point non-perceptible et la planification d'un raccourci. La performance spatiale des individus dans l'exécution de ces tâches varie en fonction de deux critères : la tâche à accomplir et les ressources cognitives individuelles (Thorndike et Goldin, 1983). Par ailleurs, la capacité à trouver sa route dépend des aptitudes spatio-cognitives de la personne qui se caractérisent par l'habileté à comprendre l'espace et à le manipuler mentalement (Passini, Proulx et Rainville, 1990). Différentes fonctions spatio-cognitives participent à l'élaboration de la carte cognitive dont la perception de l'espace, l'attention spatiale, la mémoire spatiale et la rotation mentale spatiale.

Concept de la carte cognitive

La notion de carte cognitive a été introduite en 1948, par Edward C. Tolman en réaction aux behavioristes de l'époque qui concevaient le comportement essentiellement sous une perspective mécaniste de stimulus-réponse (S-R). Toutefois, Tolman alla à l'encontre de cette idée en proposant une notion de flexibilité et d'adaptation des

réactions d'un animal à son environnement. Tolman suggéra que l'information spatiale était réorganisée afin de former une représentation de l'environnement.

La représentation de l'environnement que l'individu se construit à travers ses déplacements peut être définie en terme de « carte cognitive ». L'élaboration de la carte cognitive suppose qu'une information séquentielle, découlant du déplacement de l'individu, puisse être intégrée dans une structure comparable à celle d'une carte, ce qui permet d'apporter des solutions à de nouveaux problèmes spatiaux (Poucet,1993). Ainsi, la connaissance de l'environnement que confère la carte cognitive n'est pas restreinte à un simple parcours, ce qui permet une grande flexibilité et plasticité dans l'organisation des trajets (O'Keefe et Nadel,1978). La flexibilité d'adaptation des comportements constitue un facteur prééminent d'évolution, ce qui permet d'attribuer un rôle important à la carte cognitive dans les comportements spatiaux (Poucet, 1993).

La carte cognitive constitue le processus d'orientation sous-jacent aux comportements spatiaux des organismes qui leur permet d'intégrer les propriétés de l'environnement. À partir d'une telle représentation mentale, il est possible de se diriger et de réagir à des stimuli non-perceptibles (Ellen & Anschel, 1981). Ce qui signifie que l'organisme peut être conscient des propriétés de l'environnement au-delà de son champ perceptif. Ainsi, la représentation mentale de certains lieux ne serait pas identifiée seulement par des enregistrements de vues locales, mais elle reposerait aussi sur des indices non-perceptibles ou dont l'emplacement est identifié grâce à un autre indice visuel. Tolman, Ritchie et Kalish (1946) avaient souligné la contribution du caractère actif de l'organisme dans l'élaboration de la carte cognitive. Si l'on retient cette

hypothèse le déplacement de l'organisme constitue un facteur essentiel à l'élaboration de la carte cognitive.

Afin d'expliquer la formation de la représentation de la carte cognitive, deux hypothèses différentes ont été proposées. L'une d'elle soutient que les organismes enregistrent un cadre général de référence sur la base des indices (O'Keefe, 1991). La carte cognitive correspond à une représentation mentale de l'environnement, rendue possible grâce aux taxons (objets) et à leur localisation (O'Keefe et al., 1978). Selon ces auteurs, les taxons et la localisation seraient à la base de deux systèmes distincts dans le traitement de l'information spatiale.

L'un des systèmes est basé principalement sur les taxons qui sont représentés par les points de repères présents dans une trajectoire. Le système de taxon se fonde sur un encodage de l'information de type égocentrique (Doré et Mercier, 1992). Ce type d'information provient de la direction de l'axe de l'organisme par rapport à l'espace. Tandis que le système de localisation se fonde sur la distribution des divers éléments dans l'environnement. Selon cette conception, les informations spatiales contenues dans la carte cognitive seraient exclusivement de type allocentrique (Doré et al., 1992). Le traitement de ce type d'information réfère à la capacité de se représenter adéquatement l'environnement en se basant sur la relation entre les éléments présents dans l'environnement. La majorité des recherches visant à établir un lien entre la carte cognitive et les dimensions allocentrique et égocentrique soutiennent l'idée que la construction de la carte cognitive reposerait sur les indices allocentriques (O'Keefe et al., 1978 ; Poucet, 1993).

La seconde hypothèse pour expliquer la carte cognitive postule que la représentation cognitive de l'environnement repose seulement sur la géométrie de l'espace (Gallistel, 1990). Selon cette théorie la carte cognitive tirerait ses fondements essentiellement des informations provenant des surfaces et des lignes présentes dans l'environnement. En principe, ces deux théories suggèrent que la carte cognitive dépendrait uniquement des propriétés de l'environnement.

De manière opérationnelle, plusieurs tâches permettent de confirmer l'existence de la carte cognitive : inventer de nouveaux parcours, pointer dans une direction non-perceptible et prendre un raccourci. Ces comportements spatiaux témoignent de l'existence de la carte cognitive, car ils s'appuient sur l'information qui est réorganisée dans cette dernière (Gaunet et Thinus-Blanc, 1996 ; Poucet, 1993 ; Tolman, 1948).

L'élaboration de la carte cognitive

La carte cognitive peut être différenciée des autres représentations cognitives de l'information. La carte cognitive représente les relations spatiales dans l'environnement et bien qu'elle ne soit pas strictement cartographique elle contient certains attributs d'une carte (Evans, 1980). Ainsi, la carte cognitive se construit à partir de l'élaboration d'un schéma mental basé sur les éléments contenus dans l'environnement et leur localisation. Certaines études classent les informations spatiales de la carte cognitive en sous-catégories. Par exemple dans ses études urbaines de l'orientation spatiale, Lynch (1960) distingua cinq types de caractéristiques compris dans la carte cognitive : les routes, les intersections, les points de repères, les districts et les frontières. Ces

caractéristiques peuvent être regroupées en trois catégories plus générales : 1) la connaissance des routes qui concerne la relation spatio-temporelle entre les différents éléments de l'environnement ; 2) les points de repères qui réfèrent aux traits distinctifs de la disposition spatiale ; 3) la configuration qui se rapporte à l'interrelation entre les différents points de localisation (Lister et Weingartner, 1991). Il semble évident que certaines personnes seraient plus dépendantes des routes, tandis que d'autres seraient plus dépendantes des points de repères (Evans, 1980).

Les déplacements d'orientation spatiale peuvent s'appuyer sur les informations perceptives immédiates, en procédant par anticipation courte, de proche en proche. Par exemple, l'action de se rendre à une destination nouvelle dans un milieu nouveau ne peut se baser sur une représentation exacte de ce milieu. En fait, cette représentation de l'environnement se construit à mesure que le sujet procède. En se déplaçant d'un endroit à l'autre l'individu acquiert des caractéristiques perceptibles de l'environnement et établit un lien entre ces endroits. Le même raisonnement peut expliquer l'incapacité d'identifier un milieu connu, malgré la capacité de se rendre à une destination. Dans ce cas, le sujet procède par anticipation en s'appuyant sur les informations perceptibles dans l'environnement. Dans une tâche spatiale plus complexe tel que pointer dans des directions non-perceptibles, l'individu se forme un schéma mental de l'environnement à partir de la réorganisation de l'information. L'élaboration de cette représentation, qui nécessite une planification de la conduite, permet un gain fonctionnel considérable pour l'orientation spatiale.

Un autre facteur à considérer dans l'étude de la carte cognitive concerne les informations qu'elle contient. Les informations spatiales faisant partie de la carte cognitive peuvent être altérées au besoin s'il se produit des changements dans l'environnement. À travers l'expérience directe, l'individu acquiert une représentation des relations inter-objets, sujets-objets, ainsi qu'une connaissance de la nature des événements localisés. Cependant, il est à souligner que toutes les informations contenues dans l'environnement ne peuvent être toutes retenues dans la carte cognitive vu leur grand nombre. À tous moments dans l'environnement, il y a plus d'informations disponibles que l'individu n'est capable d'en traiter et certaines d'entre elles peuvent être superflues, inappropriées ou ambiguës. Les informations spatiales présentes dans l'environnement sont sélectionnées par l'individu selon leur pertinence et leur validité. La carte cognitive serait une transformation de l'environnement en une image semblable à une carte où certaines propriétés de l'environnement ont été préservées, et d'autres ignorées ou déformées (Gärling, Reginald et Golledge, 1988).

Les avantages et les fonctions de la carte cognitive

La carte cognitive confère deux avantages importants aux organismes qui doivent se déplacer et localiser des objets et des lieux dans l'environnement. En plus de la possibilité de réagir à des stimuli non-perceptibles dans l'environnement, la carte cognitive apporte aussi l'avantage de limiter les dépenses d'énergie grâce à la sélection de raccourcis. L'objectif principal de la carte cognitive est de fournir des informations

spatiales à l'individu afin qu'il emprunte le chemin le plus court possible en distance et le moins long en temps.

La carte cognitive remplit trois fonctions spatiales distinctes : 1-) la reconnaissance et l'identification de sites ; 2-) la localisation et la mémorisation d'objets ou d'emplacements ; 3-) la planification des conduites (Poucet,1993). Selon cet auteur ces fonctions sont dépendantes l'une de l'autre, car elles font partie d'un même système. Par exemple, si l'organisme ne peut mémoriser des objets ou des emplacements, il ne pourra pas les reconnaître par la suite. La fonction primordiale de reconnaissance et d'identification des sites permet d'être familier avec son environnement courant. Cette fonction est reliée à la construction de nouvelles cartes et à la mise à jour des cartes déjà existantes. Cependant, la priorité est accordée aux indices spatiaux qui n'ont pas été traités antérieurement. La seconde fonction de localisation et de mémorisation concerne l'emplacement des objets importants dans l'espace. L'organisme s'y prend de différente manière pour extraire l'information, inférer et mémoriser les positions de divers buts (Gallistel, 1990). Finalement, la fonction de planification des conduites sert à planifier des trajectoires. À cette fin, l'organisme se forme une représentation globale de ses actions au lieu d'une succession d'actions. Sous ce rapport, la planification de la conduite n'est pas influencée par l'information spatiale disponible dans l'environnement immédiat. De manière plus générale, le but principal de la carte cognitive est de fournir à l'organisme l'information nécessaire pour qu'il adopte des comportements spatiaux appropriés (Poucet, 1990).

Les relations spatiales

Selon Piaget et Inhelder (1948), les propriétés relationnelles de l'environnement sont encodées sous trois formes distinctes : les rapports topologiques, les rapports projectifs et les rapports métriques. Ces divers rapports varient selon leur développement et la complexité des opérations impliquées. Les rapports topologiques qui s'établissent en premier dans le développement de l'enfant portent sur les propriétés de l'objet. Ce sont des rapports spatiaux élémentaires basés sur des notions tel que la proximité, la relation d'ordre et l'emboîtement. Les rapports projectifs et les rapports métriques qui s'élaborent après l'acquisition des rapports topologiques concernent l'emplacement des objets et leurs configurations les uns par rapport aux autres, selon des systèmes d'ensemble. Les rapports projectifs déterminent et conservent les positions réelles des figures les unes par rapport aux autres (ex : avant-arrière, gauche-droite) en fonction d'un point de vue. Les rapports métriques, qui se rapportent aux angles et aux distances, reposent sur un système de références ou de coordonnées. Suite à l'acquisition des rapports projectifs et métriques, les comportements spatiaux deviennent réglés à partir d'une représentation d'ensemble des éléments contenus dans l'environnement.

Les relations spatiales impliquées dans la carte cognitive

Plusieurs études ont montré que la carte cognitive reposerait sur les informations métriques de l'environnement (Hazen, 1982 ; Spencer et Darvizeh, 1981). D'autres études ont établi que les distances métriques perçues et emmagasinées par les individus n'étaient pas identiques au distances réelles (Gärling et al., 1988). Toutefois, selon

Poucet (1993) la carte cognitive inclurait des informations topologiques et des informations métriques. En fait, ce modèle se distingue par des processus concomitants : l'intégration de la vue locale dans la représentation d'une place, la formation de cartes locales à partir d'un cadre de référence égocentrique et l'estimation globale de référence pour chaque carte locale allocentrique. Ainsi, d'une part la construction de la représentation d'une place s'édifie par un processus qui privilégie certaines locations. D'autre part la représentation d'une place devient connectée en une carte locale, et enfin plusieurs cartes locales se combinent pour former une représentation spatiale.

Les bases anatomo-fonctionnelles de l'orientation spatiale

Substrats anatomiques de l'orientation spatiale et de la carte cognitive

Les études portant sur les substrats anatomiques responsables de l'orientation spatiale, autant chez les animaux que chez les humains, ont démontré qu'ils relèvent de plus d'une région du cerveau. D'après ces études, il est raisonnable de croire que le cortex pariétal, l'hippocampe et le cortex préfrontal contribuent à différents aspects de l'orientation spatiale. Ces trois régions cérébrales impliquées dans le traitement de l'orientation spatiale se distinguent tant par le type d'information qu'elles traitent que par les habiletés qu'elles confèrent (Di Mattia, Farnsworth et Kesner, 1989 ; Di Mattia et Kesner, 1988).

Plus spécifiquement, selon plusieurs auteurs le cortex pariétal serait impliqué dans le traitement de la carte cognitive (Hyvarinen, 1982 ; Lynch, 1980). Cette hypothèse suscite la controverse puisqu'elle contredit la théorie de O'Keefe et al. (1978), selon

laquelle la carte cognitive reposerait uniquement sur l'hippocampe. De par ce fait, ces auteurs ignorent les autres régions neuronales impliquées dans le traitement de la carte cognitive. Des études plus poussées ont montré que ce serait l'hippocampe de l'hémisphère droit qui traiterait l'information spatiale (DeRenzi, 1982).

Évaluation de la performance spatiale

Les tests papiers-crayons

Chez l'humain, différentes formes de tests spatiaux permettent d'évaluer la carte cognitive. Une première catégorie, les tests papiers-crayons sont souvent utilisés pour l'évaluation de la performance spatiale. Parmi les test papiers-crayons classiques, on note : 1) le Porteus ; 2) la carte routière (Roadmap) de Money (Money, Alexander et Walker, 1965) ; 3) le dessin. Le Porteus est un test réalisé à partir d'une représentation d'un labyrinthe sur une feuille de papier. Dans ce test, la tâche consiste pour le sujet à tracer un trajet à partir d'un point de départ donné pour parvenir à un point d'arrivée spécifique. Ce type de test implique forcément une planification spatiale de la part du sujet.

En ce qui concerne la tâche de la carte routière, elle se caractérise par une représentation sur une feuille de papier d'une ville vue de haut. Dans cette épreuve, le sujet doit suivre un trajet préalablement dessiné et il doit indiquer à l'expérimentateur la direction de son choix à chaque intersections (gauche ou droite).

Dans les tâches basées sur le dessin, dans un premier temps le sujet parcourt un trajet soit dans un édifice ou dans un quartier et il doit par la suite le dessiner. En

principe, cette tâche requiert une certaine habileté pour le dessin. Les trois types de tests papiers-crayons énumérés ci-dessus présentent une restriction considérable. En fait, dans les trois situations le sujet domine l'ensemble de l'espace, ce qui représente un micro-espace. Par contre, la carte cognitive est habituellement évaluée dans un macro-espace, où le sujet ne peut dominer l'espace à partir d'un seul point de vue.

En outre, on dénombre plusieurs techniques employées pour l'évaluation de la performance spatiale à partir de modèles de carte réduite : l'apprentissage de route sur une carte, l'analyse de dessins, l'analyse de photos et l'observation de bande vidéo. Par exemple, dans une étude d'apprentissage d'une route à partir d'une carte, le sujet est assis devant le dessin d'une carte et l'expérimentateur lui montre une route. Par la suite, le sujet doit tracer la même route à son tour à l'aide d'un crayon (Galea et Kimura, 1992). Un autre type d'étude réalisée à partir d'une bande vidéo se déroule ainsi ; le sujet visionne une scène simulant la conduite automobile à travers une ville et il doit ensuite en dessiner le plan (Evans, 1980).

Les critiques des études à partir de représentations de cartes réduites sont centrées sur la difficulté de comparer le produit d'une carte par rapport à l'environnement réel (Kendall et Bryant, 1984). Par exemple, l'expérimentateur peut choisir d'inclure ou d'exclure certains éléments de l'environnement selon son jugement. Une autre caractéristique à considérer avec les tests sur modèles réduits concerne l'aspect locomoteur impliqué dans l'orientation spatiale qui n'est pas préservé. Dans une étude sur la performance spatiale dans un milieu réel comparé à l'étude d'une carte, les résultats ont permis d'établir que l'expérience de navigation dans le milieu résulte en

une connaissance plus riche et plus complexe de l'environnement (Thorndike et al., 1980).

Les tests virtuels

Au cours des dernières années, l'avènement de l'ordinateur dans le monde de la recherche a eu pour effet d'engendrer bon nombre de tests virtuels pour l'évaluation de l'orientation spatiale. Plusieurs types de tâches virtuelles en sont découlés, tels que la navigation dans un édifice virtuel (Ruddle, Payne et Jones, 1997) et la version informatisée de la tâche aquatique de Morris (Astur, Ortiz et Sutherland, 1997). Ces tâches présentent un certain caractère actif, puisqu'elles comportent un déplacement d'exploration visuelle. Ce type d'études tient donc compte de la modalité visuelle, mais réduit les interactions entre les autres systèmes sensorimoteurs. Dans la majorité des études virtuelles spatiales, le sujet est statique, sauf dans le cas de quelques études où l'on a introduit un système d'immersion de la tête ce qui a pour conséquence d'entraîner des mouvements de la tête seulement (Péruch et Gaunet, 1998). Sous ce rapport, les tests virtuels ne respectent pas la condition locomotrice requise pour l'évaluation de la carte cognitive. Selon que la carte cognitive est acquise à partir d'une carte ou de l'expérience directe, cela affecte la performance spatiale (Gärling et al., 1988).

Plusieurs autres lacunes sont aussi observables avec ce genre de tests : l'absence de détails, la lenteur de l'image, l'aspect restreint du champs visuel et des distorsions optiques (Péruch et al., 1998). Ces facteurs peuvent conduire à des erreurs de perception, une désorientation ou même des malaises (Bliss, Tidwell et Guest, 1997). De plus, les

tests virtuels requièrent un entraînement afin de se familiariser avec l'utilisation de l'ordinateur (Maguire, Burgess et O'Keefe, 1999).

Les études écologiques

Les études écologiques, qui constituent une autre catégorie de tests spatiaux, cherchent à prédire de quelle manière les individus réagissent dans leur environnement (Passini et al., 1995). Malgré la validité écologique indéniable que l'environnement naturel représente pour l'évaluation de l'orientation spatiale, il faut considérer son influence sur les résultats. Dans un milieu écologique plusieurs variables qui auront un effet sur la performance spatiale ne peuvent être contrôlées : les innombrables indices visuels, les indices auditifs, les indices de distance, les gens présents dans l'environnement et l'expérience antérieure de l'environnement. Il a été suggéré que la connaissance qu'un individu a d'un endroit et ce qu'il ressent à propos de ce lieu peut influencer son processus cognitif (Appleyard, 1979). Le degré de familiarité d'un individu avec l'environnement affecte le jugement qu'il aura des distances et des directions dans une tâche spatiale (Gärling et al., 1988). Il faut aussi souligner la lourdeur au point de vue physique d'une tâche réalisée dans un environnement naturel. La méthode d'étude écologique est quand même fréquemment utilisée dans les études de l'orientation spatiale. Entre autres recherches, on note Passini et al. (1995) pour l'étude des habiletés spatiales chez des patients souffrant de démence de type Alzheimer et Maguire (1999) pour l'évaluation de la carte cognitive par l'apprentissage d'un trajet.

Le labyrinthe à dimension humaine

Le labyrinthe à dimension humaine représente un bon compromis pour l'évaluation de la performance spatiale, car il permet de pallier les difficultés respectives observées avec les autres types de tests. Contrairement aux tests en milieu naturel, le labyrinthe permet de contrôler la majorité des variables. Les murs, le plafond et le sol du labyrinthe ne laissent paraître aucuns indices visuels qui pourraient faciliter la tâche. De plus, le labyrinthe est construit afin de ne pas transmettre d'indices auditifs, de distance ou lumineux. Le labyrinthe offre aussi l'avantage de représenter un environnement nouveau pour tous les sujets (Passini, Proulx et Rainville, 1990). L'expérience antérieure d'un environnement, tout comme les habiletés représentatives, les stratégies de processus d'informations et les règles de décisions sont des facteurs cognitifs qui peuvent influencer la représentation de l'environnement (Gärling et al., 1988).

Le genre de tâches exécutées dans le labyrinthe respecte les conditions expérimentales requises afin d'évaluer la carte cognitive. L'une des principales conditions respectées dans le labyrinthe concerne l'aspect dynamique, puisque le sujet doit se déplacer. La dimension locomotrice est donc préservée. Le labyrinthe remplit aussi une seconde condition importante à l'étude de la carte cognitive puisqu'il constitue un macro-espace. En effet, le sujet ne peut visionner l'ensemble du labyrinthe d'un seul point de vue, il doit se déplacer et intégrer les multiples informations provenant de différents points de vue (Evans, 1980). Malgré le fait que le labyrinthe à dimension humaine constitue un environnement expérimental, il n'engendre aucun stress particulier

chez les sujets. Le labyrinthe permet aussi de contrôler la complexité des trajets (nombre d'intersections).

Selon Passini et al. (1990) le labyrinthe à dimension humaine permet d'évaluer la carte cognitive par une variété de conduites spatiales que l'on désigne opérations spatio-cognitives : 1) l'exécution d'un parcours appris antérieurement ; 2) l'exécution en sens inverse d'un parcours ; 3) l'apprentissage d'un parcours à l'aide d'une carte ; 4) la rotation de plan et la transformation d'échelle ; 5) l'identification du trajet sur un plan ; 6) le pointage dans des directions non-perceptibles ; 7) l'utilisation de raccourcis et de détours. Les techniques d'évaluation utilisées dans le labyrinthe à dimension humaine possède une validité empirique. Récemment, quelques études de l'orientation spatiale ont été réalisées dans le labyrinthe à dimension humaine (Sellal, Fontaine, Linden, Rainville et Labrecque, 1996 ; Passini et al., 1995). Cependant, les études portant sur la carte cognitive dans un environnement contrôlé et aux dimensions correspondantes à la réalité sont peu nombreuses.

Les objectifs et les questions de recherche

Cette recherche avait pour but d'étudier la carte cognitive chez un groupe de jeunes adultes sains à partir d'une nouvelle tâche élaborée dans un labyrinthe à dimension humaine. Dans cette optique, deux objectifs majeurs se dégagent. Le premier objectif concerne l'élaboration d'une méthode d'évaluation de la carte cognitive réalisée dans le labyrinthe à dimension humaine. Dans ce but, une série de trois tâches a été développée : l'apprentissage d'un trajet, le pointage vers le point de départ et

l'identification du dessin. La première tâche d'apprentissage d'un trajet, qui constitue une opération relativement simple, permet d'évaluer l'apprentissage qui permettra l'élaboration de la carte cognitive par la suite. Les deux autres tâches en principe plus complexes, soit celles de pointage et d'identification du dessin, servent à l'évaluation de la carte cognitive.

Le deuxième objectif se rapporte à l'étude de l'élaboration d'une carte cognitive chez un groupe de jeunes adultes sains à l'aide de la nouvelle méthode d'évaluation. La méthode d'évaluation comporte trois niveaux croissants de difficulté (trajet à 4, 6 et 8 intersections).

CHAPITRE 2 : MÉTHODES

Méthodologie

Participants

Vingt sujets (10 femmes, 10 hommes), recrutés dans l'entourage des étudiants du centre de recherche Fernand-Seguin, ont participé à cette expérience. Tous étaient âgés entre 18 et 35 ans, l'âge moyen étant de 23.0 ans (ET=4.35) et la moyenne d'année d'éducation étant de 12.75 (ET=2.81). Les sujets affichant des antécédents personnels ou familiaux (1^{ier} degré) de maladie mentale ou dégénérative ont été exclus de cette étude. Tous les sujets ont d'abord été informés de la nature de l'expérience et ont par la suite complété un formulaire de consentement. Ce projet a reçu l'assentiment du comité d'éthique du centre de recherche Fernand-Seguin.

Matériel

Les sujets ont été soumis à une évaluation dans un labyrinthe à dimension humaine (Figures 1 à 3). Les dimensions du labyrinthe sont de 10m x 7m, les murs ont 2.5m de haut, et les corridors ont 1m de large. Les murs sont constitués de panneaux amovibles, ce qui permet de changer rapidement les trajets au besoin. Tous les murs et le plafond sont blancs, dans le but d'éviter les indices visuels. Il n'y a pas non plus de bruit ou de lumière qui puisse fournir des indices aux sujets. Tout comme dans l'environnement naturel le sujet ne peut visualiser l'ensemble de la trajectoire d'un seul coup d'œil.

Instruments de mesure

Les sujets ont été évalués dans trois types de tâches spatio-cognitives à partir du labyrinthe à dimension humaine : l'apprentissage d'un trajet, le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin.

Description des tâches

L'apprentissage d'un trajet

Dans la première tâche d'apprentissage d'un trajet, l'expérimentateur commence par guider le sujet pour la démonstration du trajet. Par la suite, à cinq reprises, le sujet est ramené au point de départ du trajet et doit refaire le même trajet par lui-même. Dans cette tâche, le fait de s'engager dans une mauvaise direction à une intersection (i.e. traverser les deux pieds sur la ligne imaginaire qui marque le seuil d'un corridor) est considéré comme une erreur. En cas d'erreur, l'expérimentateur le signale au sujet et l'oriente dans la bonne direction. Cette tâche est répétée exactement de la même manière avec trois niveaux de difficulté : 4, 6 et 8 intersections (Figure 1, 2 et 3). Une intersection représente un endroit du trajet où plus d'un choix de direction est possible au même moment. Le trajet débute au point D (départ) et se termine au point A (arrivée) illustré par le trait continu. Pour les essais consécutifs le sujet est ramené de A à D via le trajet pointillé.

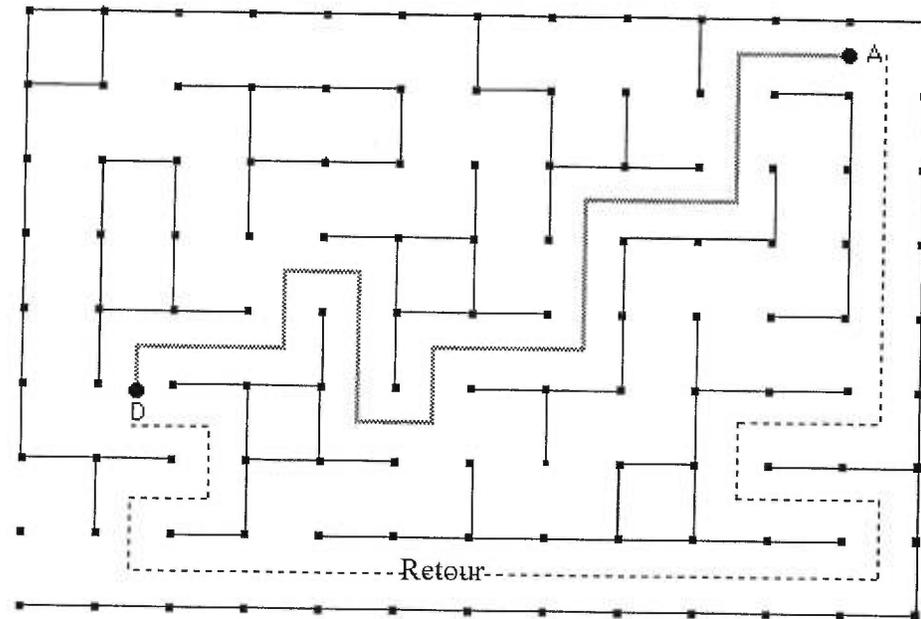


Figure 1. Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 4 intersections.
D = départ ; A = arrivée.
Trait continu = trajet à parcourir.
Trait pointillé = voie de retour vers le point de départ.

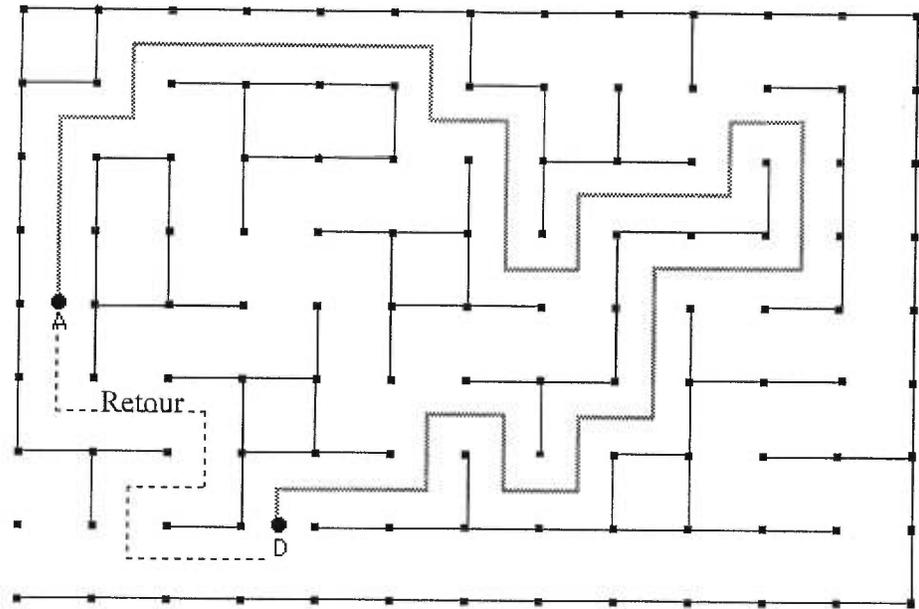


Figure 2. Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 6 intersections.

D = départ ; A = arrivée.

Trait continu = trajet à parcourir.

Trait pointillé = voie de retour vers le point de départ.

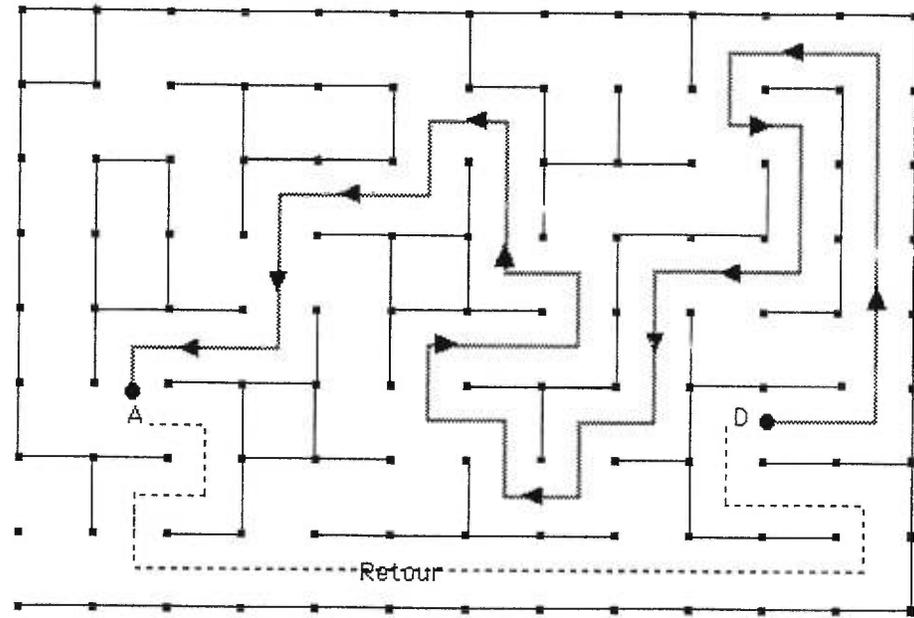


Figure 3. Plan du labyrinthe à dimension humaine avec le trajet à 8 intersections.

D = départ ; A = arrivée.

Trait continu = trajet à parcourir.

Trait pointillé = voie de retour vers le point de départ.

Le pointage vers le point de départ

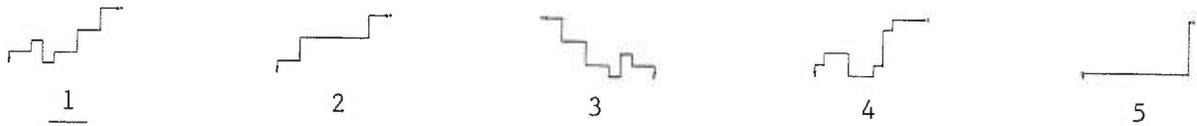
À la fin du cinquième essai de chaque niveau de difficulté, lorsque le sujet atteint le point d'arrivée du trajet, il doit pointer le bras tendu le plus précisément possible dans la direction du point de départ du trajet. L'expérimentateur note alors la différence de degrés entre le bras du sujet et le point de départ du trajet.

L'identification du dessin

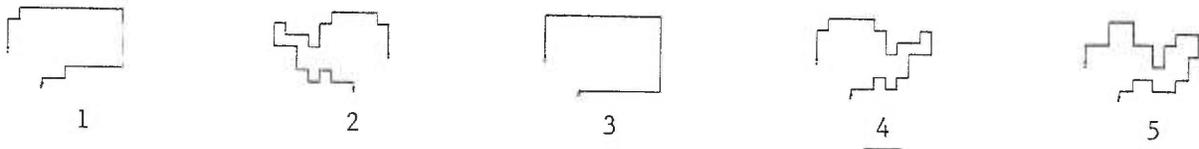
Après la tâche de pointage, le sujet est ramené à l'entrée du labyrinthe. On lui présente alors cinq feuilles de dessin représentant chacune le schéma d'un trajet différent parmi lesquels l'un d'eux correspond au trajet parcouru (voir Figure 4). Le sujet doit identifier le dessin du trajet en justifiant son choix et le rejet des autres dessins.

Chacun des quatre schémas erronés a subi des transformations systématiques caractérisées par : les changements métriques (distances), les changements projectifs (gauche/droite) et la simplification. Dans l'un des dessins erronés, les rapports métriques sont manipulés tout au long du trajet, mais les rapports projectifs demeurent inchangés. Tandis que dans un autre dessin, tous les rapports projectifs sont inversés et les rapports métriques restent les mêmes ce qui donne une inversion totale du trajet comme en miroir. Dans un autre dessin, le début et la fin du trajet sont maintenus constants pour tenir compte de l'effet de récence et de primauté, mais la partie centrale du trajet est simplifiée. Et enfin, l'un des dessins est basé sur la simplification à l'extrême du trajet, par l'abolition de plusieurs intersections et de tournants. L'ordre de présentation de ces dessins a été déterminé aléatoirement et a été la même pour tous les sujets.

Trajet à 4 intersections



Trajet à 6 intersections



Trajet à 8 intersections

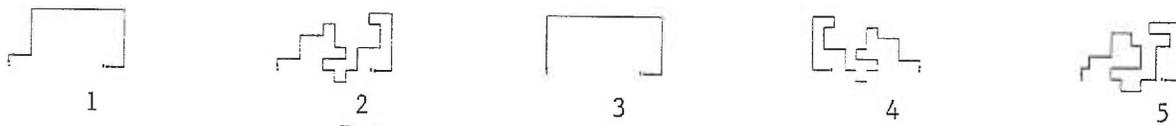


Figure 4. Choix des schémas dans la tâche d'identification du dessin pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections). Les différents types de dessins sont représentés respectivement par les schémas : 1, 4 et 2 pour les bons trajets ; 4, 5 et 5 pour les changements métriques ; 5, 3 et 3 pour la simplification ; 2, 1 et 1 pour la simplification du centre ; 3, 2 et 4 pour l'inversion totale.

Procédure

Au début, une courte phase de sensibilisation dans un endroit aménagé à cet effet a permis aux sujets de se familiariser avec le labyrinthe. Chacune des trois tâches énumérées ci-dessus a été exécutées dans l'ordre respectif de leur présentation à trois niveaux de difficulté variables : 4, 6 et 8 intersections.

Lors de la tâche d'apprentissage d'un trajet, l'expérimentateur accompagne toujours le sujet, soit pour le guider à travers le labyrinthe ou pour noter ses erreurs et calculer son temps d'exécution du trajet à l'aide d'un chronomètre. Dans l'évaluation de la tâche de pointage vers le point de départ, l'expérimentateur note le degré d'angle du bras du sujet par rapport au point de départ. Tout comme pour la tâche de pointage, la tâche d'identification du dessin est exécutée à la fin du cinquième essai des trajets à 4, 6 et 8 intersections.

L'expérimentation a eu lieu entre 8:00 et 10:00 heures dans le labyrinthe à dimension humaine du centre hospitalier Côtes-des-neiges. Le déroulement des tâches prenait au total quarante minutes par sujet.

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES RÉSULTATS

Méthode d'analyse

Les analyses statistiques ont été réalisées à partir des données obtenues dans les trois tâches : 1) l'apprentissage d'un trajet; 2) le pointage vers le point de départ; 3) l'identification du dessin. Dans un premier temps, les résultats obtenus dans la tâche d'apprentissage d'un trajet ont été analysés en fonction de deux facteurs, soit le nombre d'essais (5 essais à chaque niveau) et le niveau de difficulté des trajets (4, 6 et 8 intersections). Les données recueillies dans les tâches de pointage et d'identification du dessin ont été analysées de manière indépendante. Finalement, une analyse du rapport entre les trois tâches spatiales a été faite.

Des analyses statistiques sur les variables sexe et scolarité ont aussi été réalisées sur les trois types de tâches, mais les résultats n'ont pas montré de lien significatif, ils ne seront donc pas présentés.

Tâche 1 : apprentissage d'un trajet

Les temps d'apprentissage

Les variables dépendantes sont le temps pris en seconde pour effectuer le trajet et le nombre d'erreurs commises. À partir de ces données, on peut construire deux courbes d'apprentissage (une pour le temps et une pour les erreurs) représentant l'amélioration de la performance au cours des cinq essais pour chacun des trois niveaux de difficulté.

La Figure 5 montre la courbe d'apprentissage des trajets pour chacun des niveaux de difficulté en fonction des moyennes des temps d'exécution. Ce graphique permet d'observer un apprentissage s'échelonnant sur les cinq essais successifs de chacun des

différents niveaux de difficulté des trajets : tel qu'attendu le trajet à 8 intersections prend plus de temps que le trajet à 6 intersections, et ce dernier est plus long à exécuter que le trajet à 4 intersections. Par ailleurs, on remarque un apprentissage plus grand entre les essais 1 et 2 pour les trajets à 4 et 6 intersections que pour le trajet à 8 intersections. Pour les trois trajets, la pente diminue à mesure que l'on progresse dans les essais.

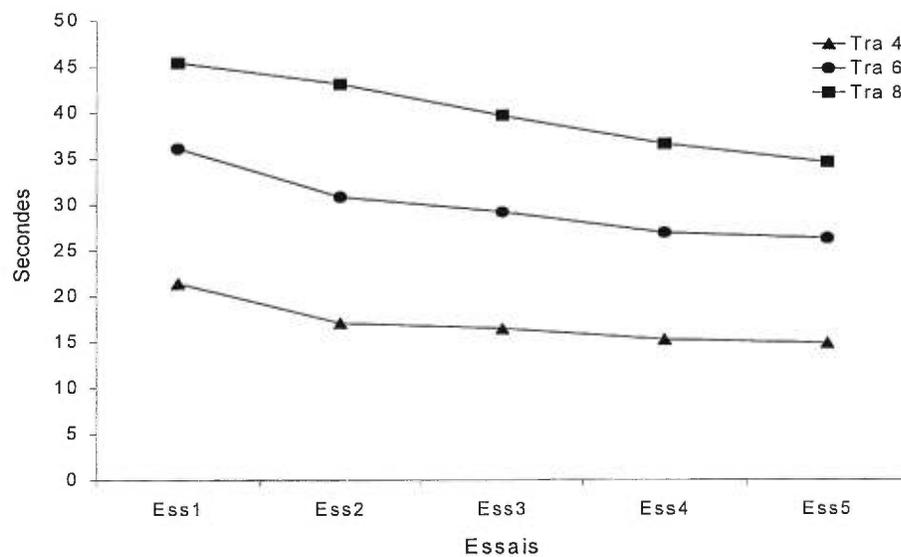


Figure 5. Temps d'exécution dans la tâche d'apprentissage d'un trajet pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).

Afin de contrôler la longueur intrinsèque des trajets aux différents niveaux de difficulté et d'analyser plus finement les profils d'apprentissage, les données ont subi des transformations. Pour chaque niveau de difficulté, les temps en secondes ont été transformés pour obtenir un indice de temps d'apprentissage d'un essai à l'autre. L'indice d'apprentissage entre deux essais se traduit ainsi ; d'abord le temps obtenu à un

essai est soustrait du temps de l'essai qui le précède et la différence est ensuite divisée par le temps de l'essai qui précède $((T2-T1)/T1)$.

La Figure 6 montre un apprentissage continu entre les essais : plus le nombre d'essais s'accumule et plus la pente de l'indice d'apprentissage en fonction du temps s'estompe. Le profil de la courbe démontre un apprentissage plus marqué entre les essais 1-2 qu'entre les autres essais. On remarque aussi un ordre graduel d'apprentissage entre les essais 1-2 en fonction du niveau de difficulté de la tâche ; l'apprentissage est plus grand au trajet à 4 intersections qu'au trajet à 6 intersections et ce dernier est plus grand qu'au trajet à 8 intersections. En fait, l'apprentissage n'est pas très marqué au trajet à 8 intersections.

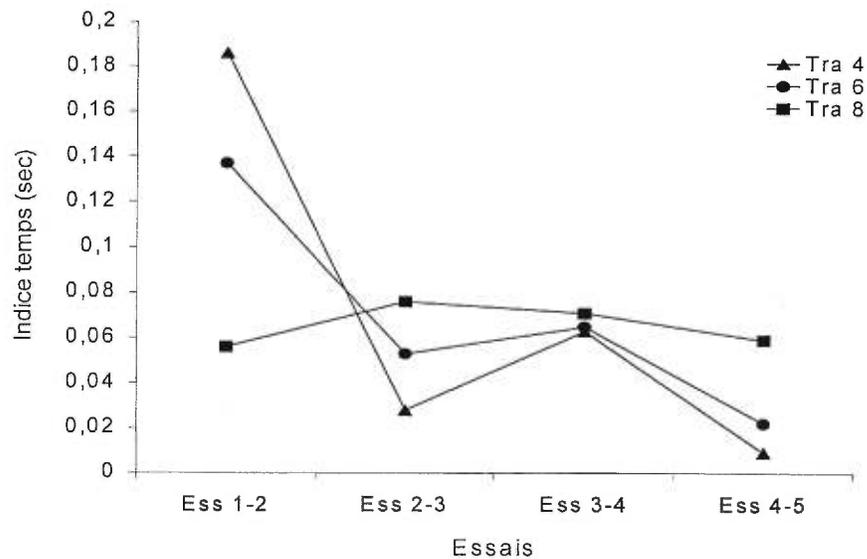


Figure 6. Représentation de l'indice d'apprentissage en fonction du temps $((T2-T1)/T1)$ pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).

Dans l'analyse de l'indice du temps d'apprentissage, un plan factoriel 3 (niveaux) x 5 (essais) à mesure répétée sur les deux facteurs n'a pas démontré d'interaction significative entre les essais et les niveaux ($F(6,114) = 2.08, p=.061$). L'analyse a par contre révélé un effet significatif pour les essais ($F(3,57) = 6.56, p<.001$). Enfin, l'analyse des niveaux n'a pas révélé d'effet significatif ($F(2,38)=.08, p=.924$).

Un test de comparaisons a posteriori selon la technique de Tukey A a permis de déterminer les différences de moyennes qui excèdent la valeur critique entre les paires d'essais pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections). Selon le Tableau 1, la différence des moyennes est statistiquement significative entre les essais 1-2 et les trois autres paires d'essais. On n'observe pas de différence significative entre les autres essais.

Tableau 1

Différence des moyennes entre les essais en fonction
de l'indice du temps d'apprentissage (secondes)

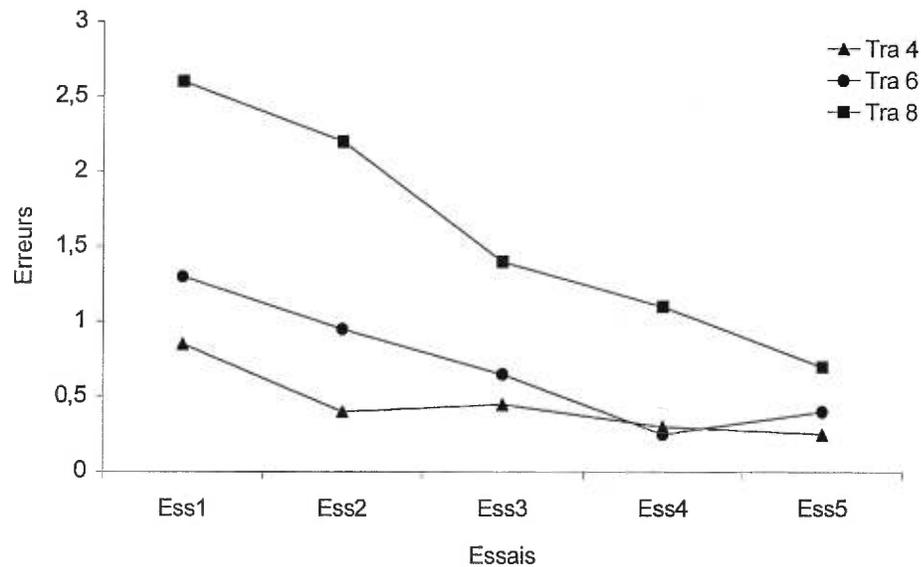
	Essais 2-3	Essais 3-4	Essais 4-5
Essais 1-2	.0735**	.0602*	.0955**
Essais 2-3	-	.0133	.0220
Essais 3-4	-	-	.0353

* $p<.05$. ** $p<.01$.

Le nombre d'erreurs

La Figure 7 illustre les moyennes du nombre d'erreurs pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections). La différence entre les essais 1 et 2, et 2 et 3 est plus marquée qu'entre les essais 3 et 4, et 4 et 5. Le profil de la courbe entre les essais 2 et 3 est plus marqué pour le trajet à 8 intersections que celui des trajets à 4 et à 6 intersections. Cette différence entre les trajets diminue aux essais subséquents. Encore une fois, le trajet à 8 intersections se distingue des deux autres trajets.

Figure 7. Nombre d'erreurs sur la tâche d'apprentissage d'un trajet



pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 points d'intersection).

Dans le but de contrôler la longueur des trajets aux trois niveaux de difficulté dans l'analyse du nombre d'erreurs, un indice a été calculé de la façon suivante : le nombre

d'erreurs à un essai (E_2) est soustrait du nombre d'erreurs de l'essai qui le précède (E_1) et la somme est ensuite divisée par le nombre d'erreurs de l'essai qui précède (E_1) : $((E_2 - E_1) / E_1)$. L'ANOVA 3 (niveaux) x 5 (essais) à mesure répétée sur les deux facteurs n'a permis de révéler aucun lien significatif entre les essais et les trajets ($F(6,114)=1.75$, $p=.115$), pour les essais ($F(3,57)=1.47$, $p=.232$) et pour les trajets ($F(2,38)=.26$, $p=.774$).

Un deuxième indice du nombre d'erreurs a été calculé de la manière suivante : le nombre d'erreurs à un essai (E) divisé par le nombre d'intersections (I) : (E/I) . La Figure 8 correspond à la courbe de cet indice d'apprentissage en fonction du nombre d'erreurs aux 3 niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).

Si l'on compare la courbe de la Figure 7 (données brutes du nombre d'erreurs) avec la courbe de la Figure 8 (indice du nombre d'erreurs (E/I)), on remarque que le profil est semblable et que l'écart entre les courbes tend à diminuer avec les essais. La représentation de l'indice du nombre d'erreurs de la Figure 8 montre donc les mêmes phénomènes que la Figure 7 soit : une différence plus marquée entre les essais 1-2 et 2-3 qu'entre les autres paires d'essais, et un profil de courbe différent pour le trajet à 8 intersections par rapport à celui des trajets à 4 et 6 intersections. Une fois de plus, le trajet à 8 intersections se distingue des deux autres trajets par sa pente plus abrupte.

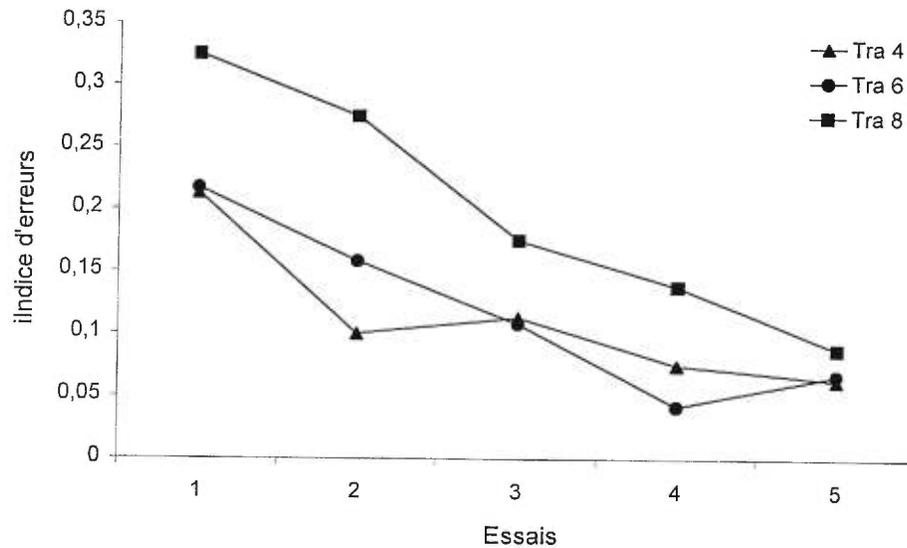


Figure 8. Représentation de l'indice d'apprentissage en fonction du nombre d'erreurs (E/I) pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections).

Dans l'analyse de l'indice du nombre d'erreurs (E/I), une ANOVA 3 (niveaux) x 5 (essais) à mesure répétée sur les deux facteurs a été réalisée. L'analyse de l'interaction entre les trajets et les essais ne s'est pas avérée significative ($F(8,152)=1.39$, $p=.204$). Cependant, des effets significatifs pour les essais ($F(4,76)=25.05$, $p<.001$) et pour les trajets ($F(2,38)=5.37$, $p<.01$) ont été observés.

Une comparaison des moyennes sur l'effet principal des deux facteurs a été calculée sur tous les niveaux de l'autre facteur. Le Tableau 2 présente une analyse des comparaisons a posteriori de Tukey A sur les différences de moyennes entre les niveaux

de difficulté. Le trajet à 8 intersections est statistiquement différent des trajets à 4 et 6 intersections, mais il n'y a pas de différence entre les trajets à 4 et 6 intersections.

Tableau 2

Différence des moyennes entre les niveaux de difficulté en fonction de l'indice du nombre d'erreurs

	Trajet à 6 intersections	Trajet à 8 intersections
Trajet à 4 intersections	.0062	.0892*
Trajet à 6 intersections	-	.0830*

*($p < .05$)

Une seconde analyse a permis de déterminer entre quels essais il y avait une différence des moyennes significative. Comme le montre le Tableau 3, la différence des moyennes est statistiquement significative entre l'essai 1 et tous les autres essais. On observe aussi une différence des moyennes significative entre les essais 2 et tous les autres essais sauf avec les essais 3. La différence des moyennes est également significative entre les essais 3 et 5. Toutefois, il n'y a pas de différence de moyenne significative entre les essais 3 et 4, et les essais 4 et 5. Il est à souligner qu'il n'y a pas de lien significatif entre les essais successifs suivants : 2-3, 3-4, et 4-5. Cependant, il y a un effet cumulatif d'apprentissage sur l'intervalle de deux essais qui se traduit par le lien significatif entre les essais : 1-3, 2-4, et 3-5.

Tableau 3

Différence des moyennes entre les essais en fonction de l'indice du nombre d'erreurs

	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
Essai 1	.0737**	.1198**	.1675**	.1800**
Essai 2	-	.0461	.0938**	.1063**
Essai 3	-	-	.0477	.0602*
Essai 4	-	-	-	.0125

*(p<.05), **(p<.01)

Tâche 2 : pointage vers le point de départ

Analyse descriptive

Dans la tâche de pointage vers le point de départ, l'angle de visée du bras du sujet par rapport à la cible constitue la variable dépendante. Tel qu'établi dans des études antérieures, le critère de réussite est de 15 degrés (Passini et al., 1990 ; Passini et al., 1995). Comme l'indique le Tableau 4, les sujets ont bien réussi à pointer le point de départ du trajet à 4 intersections et encore mieux au trajet à 8 intersections. Par contre, ils ont éprouvé de la difficulté dans le trajet à 6 intersections où les deux tiers des sujets ont échoué la tâche.

Dans le but d'expliquer les résultats obtenus sur la tâche de pointage, un indice de complexité a été calculé pour chaque niveau de difficulté ; le nombre de tournants

compris dans le trajet a été divisé par la longueur totale du trajet en mètres. Au Tableau 4, on peut voir que l'indice de complexité le plus élevé (.67) correspond au trajet à 6 intersections qui a été le moins bien réussi sur la tâche de pointage. Tandis que l'indice de complexité est plus bas pour les trajets à 4 intersections (.61) et à 8 intersections (.62) dans lesquels la tâche de pointage a été beaucoup mieux réussie.

Tableau 4

Fréquence de réussite pour la tâche de pointage vers le point de départ

Performance	Niveaux de difficulté		
	Trajet à 4 intersections	Trajet à 6 intersections	Trajet à 8 intersections
Réussite	80% (n=16)	65% (n=7)	90% (n=18)
Échec	20% (n=4)	35% (n=13)	10% (n=2)
Total	100% (n=20)	100% (n=20)	100% (n=20)
Indice de complexité	.61	.67	.62

Distribution de fréquence

Afin d'analyser les résultats dans la tâche de pointage de manière plus poussée les données recueillies en degrés (angle du bras du sujet par rapport au point de départ) ont

été classées en fonction de la distribution des réponses. Ainsi, les réponses ont été divisées en six catégories de degrés. Un histogramme de fréquence présenté à la Figure 9 montre qu'aux trajets à 4 et 8 intersections les sujets se retrouvent en majorité dans les deux premières catégories (0 à 5 et 6 à 10 degrés). On remarque aussi que les sujets qui ont moins bien réussi les trajets à 4 et 8 intersections se sont quand même classés dans des catégories intermédiaires (11 à 15 et 16 à 20 degrés). Pour le trajet à 6 intersections, les sujets se répartissent dans les six catégories et un grand nombre d'entre eux se sont classés dans les catégories les plus élevées (21 à 25 et >25 degrés).

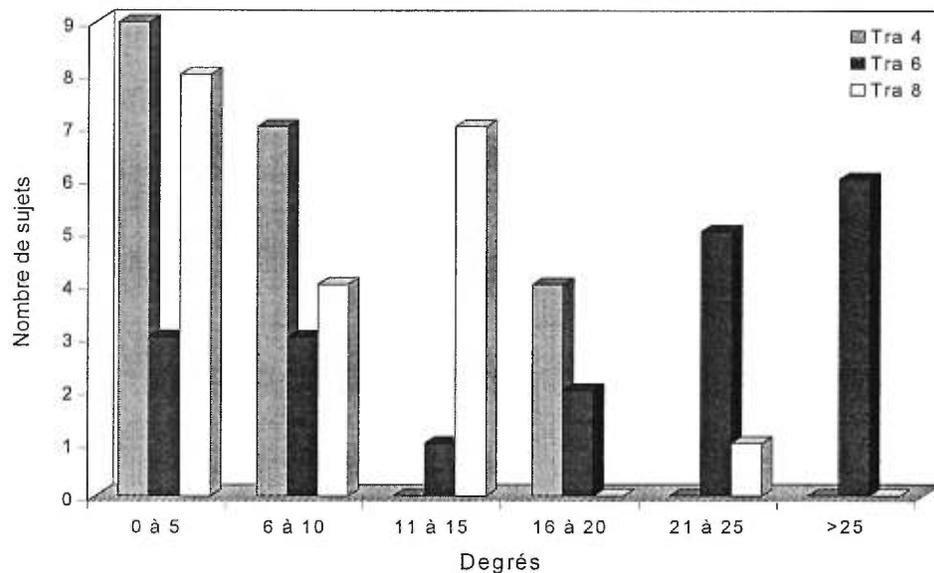


Figure 9. Distribution de l'angle des réponses dans la tâche de pointage vers le point de départ pour les trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections)

Tâche 3 : identification du dessin

Analyse descriptive

Dans la tâche d'identification du dessin, l'exactitude ou l'erreur de la réponse dans le choix du dessin constitue la variable dépendante. Le sujet obtient un succès s'il identifie le bon dessin ou un échec s'il choisit l'un des quatre dessins erronés (voir Figure 4). Le Tableau 5 montre un apprentissage graduel de la tâche d'un niveau de difficulté à l'autre dans la tâche d'identification du dessin : un peu plus de la moitié des sujets (60%) n'ont pas réussi à identifier le dessin pour le trajet à 4 intersections, tandis que pour le trajet à 6 intersections on remarque une nette amélioration (80%). Et enfin pour le trajet à 8 intersections la presque totalité des sujets a réussi l'épreuve (95%).

Tableau 5

Fréquence de réussite pour la tâche d'identification du dessin

Performance	Niveaux de difficulté		
	Trajet à 4 intersections	Trajet à 6 intersections	Trajet à 8 intersections
Réussite	60% (n=12)	80% (n=16)	95% (n=19)
Échec	40% (n=8)	20% (n=4)	5% (n=1)
Total	100% (n=20)	100% (n=20)	100% (n=20)

Distribution de fréquence

Le Tableau 6 illustre les fréquences des choix de dessins. Il permet de constater quels types d'erreurs ont été commises le plus fréquemment. Aux trois niveaux de difficulté, les erreurs ont presque essentiellement impliqué les changements métriques. On remarque aussi qu'à chacun des niveaux il y a un sujet qui a fait un choix erroné en choisissant le schéma caractérisé par une inversion totale ; dans chaque cas il s'agit d'un sujet différent.

Tableau 6

Fréquence des schémas dans la tâche d'identification du dessin

Schémas	Niveaux de difficulté		
	Trajet à 4 intersections	Trajet à 6 intersections	Trajet à 8 intersections
Identique	12	16	19
Changements métriques	7	3	0
Simplification	0	0	0
Simplification du centre	0	0	0
Inversion totale	1	1	1

Interaction entre les tâches

L'apprentissage d'un trajet et les deux autres tâches : le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin

Dans le but de vérifier la présence d'un lien entre la tâche d'apprentissage d'un trajet, la tâche de pointage et la tâche d'identification du dessin, les résultats de la tâche d'apprentissage d'un trajet du dernier essai (cinquième) ont été convertis en données dichotomiques : absence d'erreur ou une erreur et plus. Le test de Fisher a été utilisé pour évaluer le lien entre cette variable et les deux autres tâches, aux trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections). L'analyse montre un lien significatif entre les proportions de réussite et d'échec aux tâches d'apprentissage d'un trajet et de pointage au trajet à 4 intersections, mais pas aux trajets à 6 et 8 intersections. On remarque que 14 sujets ont réussi les deux tâches et que trois sujets les ont échouées les deux au trajet à 4 intersections. Donc seulement trois sujets ont obtenu des résultats allant en sens inverse sur ces deux tâches à ce niveau de difficulté.

L'analyse a aussi montré un lien significatif entre l'apprentissage du trajet et l'identification du dessin. En effet, au trajet à 6 intersections la performance sur les deux tâches va dans le même sens dans une proportion élevée : 15 sujets ont réussit les deux tâches, trois sujets les ont échoués les deux et seulement deux sujets ont eu des résultats inverses sur les deux tâches. Toutefois, il n'y a pas de lien entre les deux tâches aux trajets à 4 et 8 intersections.

Le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin

Un test de Fisher a permis de vérifier l'existence d'un lien entre la tâche de pointage et la tâche d'identification du dessin. Les analyses statistiques ont été réalisées aux trois niveaux de difficulté (4, 6 et 8 intersections) et aucun lien significatif entre les deux tâches n'a été trouvé. Cependant, même si les analyses ne s'avèrent pas significatives, il est à noter qu'au trajet à 8 intersections plus de 17 sujets ont réussi les deux tâches.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette recherche avait deux buts principaux, soit d'élaborer une méthode d'évaluation de la carte cognitive dans un labyrinthe à dimension humaine et d'évaluer la carte cognitive chez un groupe de jeunes adultes.

L'apprentissage spatial

Facteur temps

Comme on pouvait s'y attendre, il est ressorti un phénomène d'apprentissage sur les indices de temps et d'erreurs : ceux-ci diminuaient à mesure que le nombre d'essais augmentait. L'apprentissage est nettement plus marqué entre les premiers essais (1-2) pour la moyenne des trajets avec l'indice du temps. L'apprentissage tend à diminuer entre les essais subséquents sur l'indice du temps. L'amélioration entre les derniers essais (4-5) pour l'indice du temps d'apprentissage est à son plus bas niveau certainement en partie à cause d'un effet de pratique. Toutefois, l'effet des niveaux de difficulté a été moins concluant avec l'indice du temps. Le trajet à 8 intersections s'est distingué des trajets à 4 et 6 intersections, car l'apprentissage est moins marqué à ce niveau de difficulté. Ceci peut suggérer que ce nombre d'intersections implique une charge cognitive significativement plus grande que pour les deux autres trajets. Une étude de Lindberg et Gärling (1983) sur une tâche d'apprentissage (4 et 6 points de références) visant à établir si la carte cognitive requiert un processus central de traitement de l'information localisée avait montré un effet de pratique similaire.

Facteur erreur

Le nombre d'erreurs commises a également montré un effet d'apprentissage entre les premiers essais (1-2) tel qu'indiqué par la diminution significative du nombre d'erreurs. Le phénomène d'apprentissage a diminué aux essais suivants tout en étant quand même présent. À l'essai 5, on remarque aussi un plafonnement de la performance pour le nombre d'erreurs semblable à celui observé avec le facteur temps. Avec l'indice du nombre d'erreurs, il y a une amélioration de la performance proportionnelle à la complexité de la tâche, plus le trajet est complexe et plus les sujets font d'erreurs. Ce phénomène plus remarquable entre le trajet à 8 intersections et les deux autres niveaux est attribuable à la facilité des trajets à 4 et 6 intersections. Dans les trajets à 4 et 6 intersections les sujets ne font presque pas d'erreurs, cela démontre que ces trajets sont très faciles.

Les résultats sur la tâche d'apprentissage d'un trajet supportent la notion selon laquelle la performance spatiale s'améliore avec la pratique et diminue avec l'augmentation du nombre d'intersections. D'un point de vue cognitif, le phénomène général d'apprentissage observé à travers les indices du temps et du nombre d'erreurs montre que l'apprentissage est plus marqué entre les deux premiers essais, mais s'étend quand même aux essais subséquents.

Implication de la mémoire de travail

Doré et al. (1992) rappelle qu'il existe un lien étroit entre l'apprentissage et la mémoire. Selon ces auteurs, il serait impossible pour un sujet d'apprendre un trajet s'il

ne pouvait mémoriser l'information à laquelle il est soumis dans une tâche. La différence observée entre les niveaux de difficulté peut traduire une mémoire de travail qui serait surchargée lors du trajet à 8 intersections. En effet, la mémoire de travail est un système à capacité limitée qui maintient et traite l'information pendant l'exécution d'activités cognitives (Baddeley, 1986). La mémoire de travail se compose de quatre sous-systèmes de traitement de l'information : 1) le registre d'input (phonétique) ; 2) la boucle articulatoire (verbale) ; 3) la tablette visuo-spatiale ; 4) l'unité de gestion centrale (Doré et al., 1992). Les limites de maintien de l'information sont différentes pour chacun de ces sous-systèmes. Les capacités de la tablette visuo-spatiale, laquelle est impliquée dans la tâche de cette étude, sont encore mal connues. En définitive, il semblerait qu'un trajet à 8 intersections impose une charge cognitive significativement plus lourde en terme de mémoire de travail que les trajets à 4 et 6 intersections. Cela peut laisser supposer que les limites de la tablette visuo-spatiale sont atteintes.

L'évaluation de la carte cognitive

Configuration des trajets

Dans cette recherche, la carte cognitive qui se caractérise par la planification des actions a été évaluée par les deux tâches suivantes : le pointage vers le point de départ et l'identification du dessin. Dans la tâche de pointage, les résultats sont quelque peu surprenant concernant la réussite : les sujets ont bien réussi les trajets à 4 et à 8 intersections, tandis qu'au trajet à 6 intersections la performance a subi une chute considérable qui ne peut être attribuable qu'au trajet lui-même. Plusieurs facteurs

concernant la configuration du trajet peuvent avoir eu une influence sur la tâche à accomplir entre autres : la circularité du trajet, la nature du trajet, la distance parcourue et le nombre de changements de direction (voir paragraphe suivant).

Complexité de la tâche

L'indice de complexité calculé selon le nombre de tournants par mètre de trajet à parcourir a démontré que le trajet à 6 intersections était plus complexe que les deux autres trajets. Une expérience dans laquelle des sujets marchaient sur des distances variées dans une chambre a suggéré que la représentation d'un trajet est interprétée en fonction de la distance parcourue (Sadella et Staplin, 1980). Le fait que l'indice de complexité ait été plus élevé dans le trajet à 6 intersections pourrait donc expliquer en partie la faible performance à ce niveau. Cela est cohérent avec des travaux de recherches précédentes (Hazen, 1982 ; Spencer et al., 1981). Par ailleurs, il est aussi possible que la tâche de pointage dans le trajet à 6 intersections ait été moins bien réussie parce que ce trajet présentait une forme plus fermée, circulaire (le point d'arrivée rejoint presque le point de départ) (voir Figure 1), ce qui a engendré du même coup une complète inversion de direction par rapport à la direction initiale. Ce phénomène n'était pas présent dans les deux autres trajets (voir Figure 2 et 3). Les données ne permettent pas de trancher entre ces deux interprétations.

Habituation

Pour la tâche d'identification du dessin la performance montre une courbe d'amélioration entre les trajets à 4, 6 et 8 intersections. Au trajet à 8 intersections, on note qu'un seul sujet n'a pas réussi la tâche. Cela suggère un phénomène d'habituation à la tâche. Il faudrait donc dans l'avenir considérer la possibilité d'administrer les différents niveaux de difficulté au hasard afin de contrôler cet effet de séquence. Ceci suggère également que seule la tâche de pointage, et non les deux autres tâches, est sensible à ce phénomène d'habituation et que cette tâche serait indépendante.

Lien entre les différentes tâches

Les analyses d'interaction entre les trois tâches ne se sont pas avérées très concluantes. Selon une étude de Thorndike et al. (1983) les habiletés spatiales cognitives ne constitueraient pas une entité qui influence toutes les tâches spatiales. Selon ces auteurs, trois types d'habiletés peuvent influencer la performance spatiale : la mémoire visuelle (l'encodage et la rétention de l'information visuelle), la visualisation (la manipulation et la transformation de l'image visuelle, afin de résoudre les problèmes spatiaux) et l'orientation spatiale (l'habileté à maintenir un cadre de référence consistant). D'après les études de ces mêmes auteurs, il existerait une différence entre les tâches de jugement spatial simple et les tâches d'apprentissage spatial complexe. Cette différence pourrait être attribuable aux habiletés de maintenir et de manipuler l'information spatiale (i.e. mémoire de travail).

La performance d'apprentissage d'un trajet et celle de pointage ont démontré une association significative au trajet à 4 intersections, mais pas aux deux autres niveaux de difficulté. Par contre, l'analyse des tâches d'apprentissage d'un trajet et d'identification du dessin a montré une association significative au trajet à 6 intersections, mais pas pour les trajets à 4 et 8 intersections. Selon Thorndike et al. (1983), une tâche d'acquisition de connaissances spatiales nécessite des habiletés spatiales supérieures comparativement à une tâche de lecture d'une carte. De plus, le nombre d'éléments à traiter aurait une influence sur la nature de la tâche (Thinus-Blanc et Gaunet, 1997). Ceci pourrait expliquer les différences de performance observées à travers les niveaux de difficulté. Il est également possible que le manque de lien entre la performance sur les différentes tâches soit attribuable à des facteurs mal contrôlés tels que la circonférence du trajet, la distance parcourue ou le nombre de tournants. Les stratégies d'exploration utilisées par les sujets peuvent avoir été centrées sur un ou plusieurs de ces facteurs mal contrôlés.

En dernière analyse, la vérification du lien entre la tâche de pointage et d'identification du dessin, a permis de vérifier si les résultats sur les deux tâches allaient dans le même sens puisqu'elles sont censées mesurer une dimension cognitive analogue, soit la carte cognitive. Aucun lien significatif entre les deux tâches n'a été démontré. Toutefois, cela ne signifie pas que les deux tâches ne mesurent pas toutes deux la carte cognitive. Cette absence de lien pourrait être due au fait que ces deux tâches utilisent la mémoire de travail en quantité différente ou qu'elles privilégient des sous-systèmes différents (la tablette visuo-spatiale vs l'unité de gestion centrale). Étant donné que la complexité du trajet à 6 intersections a influencé la performance dans la tâche de

pointage, cela peut aussi expliquer pourquoi il n'y a pas de lien statistique qui soit ressorti entre les deux tâches sur ce trajet. Dans une étude avec des sujets aveugles qui avait aussi utilisé des tâches de pointage et de dessin comparables, aucun lien entre les deux tâches n'avait été montré (Dodds et al., 1982).

Conclusion

Les résultats montrent que les objectifs initiaux ont été atteints, c'est-à-dire : 1) élaborer une nouvelle méthode d'évaluation de la carte cognitive dans un labyrinthe à dimension humaine ; 2) évaluer la carte cognitive d'un groupe de jeunes adultes sains. En effet, les sujets ont élaboré une carte cognitive, puisqu'ils ont réussi les tâches de pointage et d'identification du dessin qui sont basées sur la carte cognitive.

Il faut tenir compte de certaines limitations dans cette nouvelle tâche d'évaluation spatiale. Étant donné que les trajets à 4 et 6 intersections se sont avérés très faciles, dans d'éventuelles recherches avec de jeunes participants sains, il faudrait augmenter les niveaux de difficulté à 6, 8 et 10 intersections. Il serait aussi nécessaire de reconsidérer différents facteurs concernant la configuration des trajets, tels que la circularité du trajet, la distance parcourue et le nombre de changements de direction. Ceci demandera de créer un indice de complexité identique pour chacun des trajets, puisque cette étude a montré qu'un niveau de complexité élevé nuisait à la performance dans la tâche de pointage.

D'un autre point de vue, plusieurs recherches ont prouvé que les hommes seraient plus performants que les femmes en orientation spatiale (Astur et al., 1997 ; Galea et al.,

1992). Puisque les données recueillies dans cette étude n'ont pas permis de confirmer ce fait bien établi dans la littérature, il va s'avérer nécessaire d'évaluer plus de sujets, afin de vérifier cette hypothèse.

RÉFÉRENCES

- Appleyard, D. (1979). The environmental as a social symbol. *Journal of the American Polanning Association*, 45, 143-153.
- Astur, R. S., Ortiz, M. L., & Sutherland, R. J. (1997). A characterisation of performance by men and women in a virtual Morris water task : a large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93, 185-190.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford : Clarendon Press.
- Bliss, J. P., Tidwell, P. D., & Guest, M. A. (1997). The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training for firefighters. *Presence*, 6, 73-86.
- DeRenzi, E. (1982). *Disorders of space exploration and cognition*. New York : John Wiley & Sons.
- Di Mattia, B. V., Farnsworth, G., & Kesner, R. P. (1989). Double dissociation of egocentric and allocentric space following medial prefrontal and parietal cortex lesions in the rat. *Behavioral Neuroscience*, 103, 956-961.
- Di Mattia, B. V., & Kesner, R. P. (1988). Spatial cognitive maps : Differential role of parietal and hippocampal formation. *Behavioral Neuroscience*, 102, 471-480.
- Dodds, A. G., Howarth, C. L., & Carter, D. C. (1982). The mental maps of the blind : the role of previous visual experience. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 76, 5-12.
- Doré, F. Y., & Mercier, P. (1992). *Les fondements de l'apprentissage et de la cognition*. Boucherville : Presses Universitaires de Lille.
- Ellen, P., & Ansel, S. (1981). Problem solving in the rat : Cognitive/physiological mechanisms. *Behavioral and Neural Biology*, 33, 402-418.
- Evans, G. W. (1980). Environmental cognition. *Psychological Bulletin*, 2, 259-287.
- Galea, L. A. M., & Kimura, D. (1992). Sex differences in route-learning. *Personnal Individual Difference*, 14, 53-65.
- Gallistel, C. R. (1990). *The organisation of learning*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Gärling, T., Reginald, G., & Golledge, G. (1988). Environmental perception and cognition. *Advances in environment, behavior, and design* (vol. 2). New York : Plenum Press.

- Gaunet, F., & Thinus-Blanc, C. (1996). Early-blind subjects' spatial abilities in the locomotor space: exploratory strategies and reaction-to-change performance. *Perception, Vol. 25*, 967-981.
- Hazen, N. L. (1982). Spatial exploration and spatial knowledge: individual and developmental differences in very young children. *Child Development, 49*, 623-636.
- Hyvarinen, J. (1982). *The parietal cortex of monkey and man*. New York: Springer-Verlag.
- Kendall, J. B. (1984). Methodological convergence as an issue within environmental cognition research. *Journal of Environmental Psychology, 4*, 43-60.
- Linberg, E., & Gärling, T. (1983). Acquisition of different types of locational information in cognitive maps: automatic or effortful processing? *Psychological Research, vol.45, no.1*, 19-38.
- Lister, R. G., & Weingartner, H. J. (1991). *Perspectives on cognitive neuroscience*. New York: Oxford University Press.
- Lynch, J. C. (1980). The functional organization of posterior parietal association cortex. *The Behavioral and Brain Sciences, 3*, 485-534.
- Maguire, E. A., Burgess, N., & O'Keefe, J. (1999). Human spatial navigation: cognitive maps, sexual dimorphism, and neural substrate. *Current Opinion in Neurobiology, 9*, 171-177.
- Money, J., Alexander, D., & Walter, H. T. (1965). *Manual for a standardized Road-map test of direction sense*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- O'Keefe, J. (1991). *The hippocampal cognitive map and navigational strategies*. In J. Paillard (Ed.), *Brain and space* (pp. 273-295). London: Oxford University Press.
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford University Press.
- Passini, R., Proulx, G., & Rainville, C. (1990). The spatio-cognitive abilities of the visually impaired population. *Environment and Behavior, Vol. 22, No. 1*, 91-118.
- Passini, R., Rainville, C., Marchand, N., & Joanne, Y. (1995). Wayfinding in dementia of the Alzheimer type: planning abilities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol. 17, No.6*, 820-832.

- Passini, R., Rainville, C., Marchand, N., Joannette, Y., & Lepage, Y. (1997). Les déficits des opérations spatio-cognitives dans le dément de type Alzheimer. *Revue de Neuropsychologie, Vol. 7, No.3*, 247-279.
- Péruch, P., & Gaunet, F. (1998). Virtual environments as a promising tool for investigating human spatial cognition. *Current Psychology of Cognition, 17*, 881-899.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Poucet, B. (1993). Spatial cognitive maps in animal : New hypotheses on their structure and neural mechanisms. *Psychological Review, 100*, 163-182
- Ruddle, R. A., Payne, S. J., & Jones, D. M. (1998). Navigating large-scale desk-top virtual buildings : effects of orientation aids and familiarity. *Presence, 7*, 179-192.
- Sadalla, E. K., & Staplin, L. J. (1980). An information storage model for distance cognition. *Environmental and Behavioral, 12*, 183-193.
- Sellar, F., Fontaine, S. F., Van Der Linden, M., Rainville, C., & Labrecque, R. (1996). To be or not to be at home? A neuropsychological approach to delusion for place. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol. 18, No. 2*, 234-248.
- Spencer, C., & Darvizeh, Z. (1981). The case for developing a cognitive environmental psychology that does not underestimate the ability of young children. *Journal of Environmental Psychology, 1*, 21-31.
- Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind persons : vision as a spatial sense ? *Psychological Bulletin, Vol. 121, no.1*, 20-42.
- Thorndike, P. W., & Goldin, S. E. (1983). In Dick, H. L., & Acredolo, L. P. *Spatial orientation : theory, research and application*. Plenum Press, 195-217.
- Tolman, E. C. (1948). Purpose behaviour in animals and men. Century, New York. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review, 73*, 189-208.
- Tolman, E. C., Ritchie, B. F., & Kalish, D. (1946). Studies in spatial learning. Orientation and the short-cut. *Journal Experimental Psychology, 36*, 13-24.

APPENDICE A : PROCÉDURE DANS LE LABYRINTHE

PROCÉDURE À SUIVRE DANS LE LABYRINTHE : DÉROULEMENT DES TÂCHES ET INSTRUCTIONS AUX SUJETS

Introduction

Consignes :

- 1- Vous allez participer à une recherche sur l'orientation spatiale, c'est-à-dire une recherche qui étudie les capacités des individus à se déplacer dans un endroit et à reconnaître cet endroit.
- 2- Dans le cadre de cette expérience, vous vous déplacerez dans un labyrinthe. Vous ferez différents exercices, qui vous seront précisés au moment opportun. Comme vous allez le constater, les différents exercices sont de difficultés variables : il y en a de relativement faciles, d'autres sont un peu plus difficiles. Il est donc possible que vous ne puissiez pas tous les réussir parfaitement. L'important est de faire de votre mieux et de ne pas vous décourager si vous commettez des erreurs.
- 3- En tout temps, durant cette expérience je vous accompagnerai, soit pour vous montrer un trajet, soit pour prendre en note le trajet que vous accomplirez par vous-même.

Sensibilisation au labyrinthe

On amène le sujet à travers un corridor où l'on retrouve les caractéristiques essentielles du labyrinthe (corridor, tournant, intersection).

Consignes:

- 1- Dans un premier temps, je vais vous montrer comment le labyrinthe est construit. Il y a de chaque côté des panneaux qui forment un corridor. Remarquez la largeur du corridor et les pièces de bois qui délimitent les panneaux, il faut éviter de s'appuyer dessus car ils ne sont pas très solides.
- 2- En avançant, vous constaterez que le corridor tourne. En continuant, vous remarquerez qu'il y a une intersection où vous devez choisir la direction à prendre (on fait arrêter le sujet à cet endroit). Évidemment, lorsque vous aurez un trajet à apprendre vous devrez retenir quel direction prendre.

Directives générales

On ramène le sujet à l'entrée du labyrinthe et on lui demande s'il a des questions.

Consignes :

- 1- On va maintenant commencer l'expérience. Je vais vous indiquer ce que vous devez faire pour le premier exercice. Vous devrez apprendre un trajet. Je vais vous guider à travers le labyrinthe. Chemin faisant, vous essaieriez d'apprendre le trajet, car par après je vous ramènerai au point de départ et vous devrez le refaire. Pour chacun des trajets, vous aurez tout le temps désiré. Vous essayerez de refaire le même trajet sans faire d'erreur, mais sans vous attarder non plus. Si vous commettez une erreur, je vous avertirai et vous orienterai dans la bonne direction. Vous devrez alors continuer le trajet en essayant de ne pas faire d'autre erreur.
- 2- Après que je vous aurai montré un trajet, vous devrez exécuter ce même trajet à 5 reprises, que vous commettiez des erreurs ou non.
- 3- Je vous avise que lorsqu'une tâche sera commencée je ne pourrai plus vous aider. Vous n'aurez pas d'autre instruction durant la tâche.

Trajet à 4 intersections

On amène le sujet au point de départ du trajet à 4 intersections.

Trajet à 4 intersections

Consignes :

- 1- Avez-vous des questions sur les directives reçues à date?
- 2- On va maintenant commencer. Nous sommes à l'entrée du labyrinthe. Nous allons faire ensemble un trajet. Soyez attentif et essayez d'apprendre ce trajet car vous aurez à le refaire sans être guidé par la suite.
- 3- C'est ici que se trouve le point de départ. À la fin du cinquième essai de l'exercice, vous vous trouverez au point d'arrivée, et je vous demanderai de pointer dans la direction du point de départ du trajet.
- 4- Après la tâche de pointage de direction, qui se déroulera à la fin du cinquième essai, vous allez aussi devoir identifier le dessin du trajet sur une feuille.

Le sujet est guidé à travers le labyrinthe. Il avance à son rythme et on lui laisse tout le temps désiré d'explorer le trajet. L'examineur prend garde de ne pas lui donner d'information sur le trajet (ex. ici on tourne à gauche ou il y a un corridor à droite).

Une fois la première exploration terminée, on procède comme suit.

Le sujet est ramené au point de départ du trajet à 4 intersections.

Consigne :

- 1- Maintenant, vous êtes de nouveau à l'entrée du labyrinthe. Vous devez refaire le trajet que nous venons d'effectuer, en essayant de ne pas faire d'erreur. Allez-y.

L'examineur accompagne constamment le sujet en se tenant derrière lui. Il note le temps total d'exécution du trajet, les erreurs et les hésitations. Si le sujet s'engage dans un mauvais corridor, l'expérimentateur l'arrête en lui disant :

Consigne en cas d'erreurs :

- 1- Vous avez fait une erreur. La direction que vous avez prise n'est pas la bonne, vous devez plutôt prendre celle-ci. (On indique la bonne direction au sujet). Vous êtes maintenant dans la bonne direction. Continuez en essayant de ne pas faire d'autres erreurs.

Si le sujet refait d'autres erreurs, on le corrige de nouveau, comme précédemment.

Une fois arrivé à la sortie, on procède comme suit.

Consigne :

- 1- C'est très bien, nous sommes à la sortie. Je vais maintenant vous ramener à l'entrée du labyrinthe (le sujet est ramené au point de départ). Maintenant, vous êtes de nouveau devant l'entrée. Allez-y, refaites le trajet en essayant de ne pas faire d'erreurs.

Répétez la procédure jusqu'à ce que le sujet ait exécuté le parcours cinq fois (démonstration du trajet exclu).

Pointage dans la direction du point de départ du trajet

Lorsque le sujet a exécuté le trajet à cinq reprises et qu'il arrive à la sortie du labyrinthe, on lui demande de pointer dans la direction du point de départ du trajet qu'il vient d'effectuer.

Consigne :

- 1- Nous sommes maintenant à la fin du trajet. Pointez dans la direction du point de départ du trajet que vous venez d'effectuer. Pointez le bras tendu, le plus précisément possible vers la direction du point de départ.

Identification du dessin

Après la tâche de pointage, le sujet est ramené à l'entrée du labyrinthe. On lui présente alors cinq feuilles représentant cinq trajets différents et on lui demande d'identifier celui qui correspond le mieux au parcours qu'il vient d'apprendre.

L'expérimentateur présente les différentes représentations graphiques une à une au sujet.

Le sujet doit justifier son choix, ainsi que le rejet de chacun des autres dessins.

Consignes :

- 1- Vous êtes de nouveau à l'entrée du parcours. La tâche que vous devez maintenant effectuer, consiste à identifier sur l'une de ces feuilles le dessin du trajet que vous venez de parcourir (présentation simultanée des feuilles).
- 2- Comme vous pouvez voir, cinq choix de réponse s'offrent à vous.
- 3- Veuillez dire quel est le dessin que vous choisissez et quels sont les motifs de ce choix. Vous devez aussi justifier le rejet des autres dessins.

Trajet à 6 intersections

La procédure est la même que pour le trajet à 4 intersections, sauf que la tâche est plus complexe.

Consigne :

- 1- On va refaire une épreuve semblable à celle que nous venons d'effectuer, c'est-à-dire apprendre un parcours et le refaire à cinq reprises.

Procéder comme dans la première tâche pour le reste de la consigne.

Trajet à 8 intersections

La procédure est la même que pour les trajets précédents (à quatre et six intersections), sauf que la tâche se complique encore davantage. Il y a maintenant huit intersections où le sujet doit prendre une décision.

Consigne :

- 1- On va refaire une épreuve semblable à celle que nous venons d'effectuer, c'est-à-dire apprendre un parcours et le refaire à cinq reprises.

Procéder comme dans les tâches précédentes pour le reste de la procédure.

APPENDICE B : DONNÉES BRUTES

Données en temps (secondes) pour l'apprentissage d'un trajet																			
Sujets	Trajet à 4 intersections					Trajet à 6 intersections					Trajet à 8 intersections								
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5				
1	17	12	12	11	14	45	37	33	24	23	50	39	29	28	28				
2	16	14	13	12	13	31	27	24	30	23	38	37	34	33	30				
3	27	18	16	16	16	53	38	42	33	28	64	65	54	50	55				
4	17	13	11	11	11	26	23	22	21	19	49	46	37	30	25				
5	35	24	26	22	18	37	29	32	28	30	50	58	43	48	40				
6	23	23	22	23	20	41	38	32	28	29	44	41	38	32	30				
7	22	15	15	22	17	47	40	39	30	32	56	68	72	60	71				
8	16	16	16	13	13	37	29	27	25	24	46	40	37	31	28				
9	32	21	16	15	14	37	28	28	27	26	46	38	39	42	38				
10	18	17	14	13	13	33	22	20	19	19	34	29	26	24	25				
11	18	14	13	12	12	23	22	21	22	22	37	27	26	26	26				
12	18	16	19	15	14	39	33	29	29	29	47	46	51	43	39				
13	18	21	14	13	13	33	25	23	23	23	40	34	29	27	26				
14	23	14	16	16	18	32	35	28	26	23	52	35	40	38	28				
15	17	14	19	14	14	34	32	33	29	31	40	43	53	47	36				
16	19	14	14	14	15	28	28	25	23	24	33	35	29	28	26				
17	24	16	14	12	12	31	27	24	23	22	40	31	28	25	26				
18	20	18	19	17	17	31	30	32	29	30	46	49	43	37	33				
19	20	19	16	15	15	41	39	32	30	32	46	50	40	38	34				
20	28	22	24	19	18	43	35	38	40	37	50	51	46	46	48				
Moy.	21,400	17,050	16,450	15,250	14,850	36,100	30,850	29,200	26,950	26,300	45,400	43,100	39,700	36,650	34,600				
E-T	5,4134	3,5611	3,9666	3,6689	2,4554	7,4261	5,7881	6,1524	4,7736	4,8352	7,5422	11,229	11,517	9,954	11,785				

Nombre d'erreurs commises sur la tâche d'apprentissage d'un trajet																			
Sujets	Trajet à 4 intersections					Trajet à 6 intersections					Trajet à 8 intersections								
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5				
1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	2	0	0	0	0				
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0				
3	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	5	5	4	1	3				
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0				
5	2	1	2	1	0	1	1	2	1	1	3	5	2	2	1				
6	1	1	2	2	1	2	3	1	0	0	3	2	1	0	0				
7	2	0	1	2	1	4	3	1	0	2	6	5	5	4	2				
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0				
9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	1				
10	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0				
11	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
12	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	2	2	2	1	0				
13	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
14	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	5	0	3	4	0				
15	1	2	0	0	0	2	2	3	1	2	5	5	7	6	3				
16	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0				
17	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0				
18	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	3	1	0	0				
19	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	0				
20	2	1	1	0	1	1	2	2	3	3	5	5	2	2	4				
Moy.	0,85	0,4	0,45	0,3	0,25	1,3	0,95	0,65	0,25	0,4	2,6	2,2	1,4	1,1	0,7				
E-T	0,7452	0,5982	0,6863	0,6569	0,4443	0,9787	0,9987	0,8751	0,7164	0,8826	1,729	1,9084	1,9841	1,7442	1,2607				

Sujet	Tâche de pointer vers le point de départ						Tâche d'identification du dessin					
	Réponse en degrés			R < 15 deg./ E 15 deg.et +			Choix du dessin			Réussite ou échec		
	Tra_4	Tra_6	Tra_8	Tra_4	Tra_6	Tra_8	Tra_4	Tra_6	Tra_8	Tra_4	Tra_6	Tra_8
1	16	43	6	E	E	R	1	4	2	R	R	R
2	1	1	2	R	R	R	1	4	2	R	R	R
3	8	19	12	R	E	R	4	5	2	E	E	R
4	6	27	4	R	E	R	4	4	2	E	R	R
5	0	12	6	R	R	R	4	5	4	E	E	E
6	2	100	11	R	E	R	4	4	2	E	R	R
7	4	6	26	R	R	E	1	2	2	R	E	R
8	3	10	4	R	R	R	1	4	2	R	R	R
9	2	40	15	R	E	E	4	4	2	E	R	R
10	16	7	2	E	R	R	1	4	2	R	R	R
11	6	21	5	R	E	R	4	4	2	E	R	R
12	8	28	1	R	E	R	4	4	2	E	R	R
13	9	30	13	R	E	R	1	4	2	R	R	R
14	16	5	2	E	R	R	1	4	2	R	R	R
15	0	17	6	R	E	R	1	4	2	R	R	R
16	8	4	12	R	R	R	1	4	2	R	R	R
17	3	22	11	R	E	R	1	4	2	R	R	R
18	8	22	11	R	E	R	3	4	2	E	R	R
19	1	21	8	R	E	R	1	4	2	R	R	R
20	18	21	3	E	E	R	1	5	2	R	E	R