



Université Paul Sabatier Toulouse III
Faculté de médecine Toulouse – Rangueil
Institut de Formation en Psychomotricité

Les différences sexuelles et de genre dans la navigation spatiale

Pré-étalonnage du Walking Corsi Test chez des enfants tout venants de 6 à 10 ans

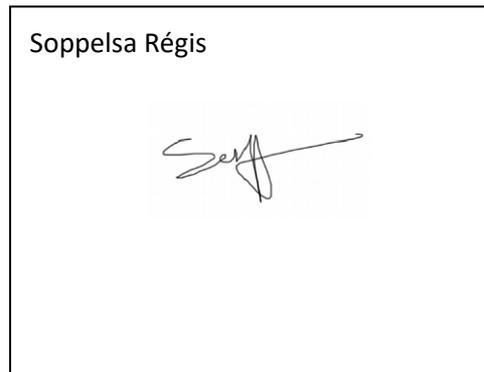
Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'État de psychomotricienne

Louise TISON - Juin 2020



Ce mémoire a été supervisé par

Monsieur Régis Soppelsa



Remerciements

Je tenais à remercier chaleureusement Leïla Bonnin-Sebbag avec qui j'ai partagé ce projet d'étalonnage, ainsi que Régis Soppelsa, notre maître de mémoire. Merci également à Mireille Sebbag pour sa précieuse aide dans l'analyse statistique de nos données.

Un grand merci aux deux directrices d'écoles élémentaires et aux professeurs qui ont acceptés de participer à ce projet.

Merci à Marc, Alice, Karine, Sarah d'avoir relu mon mémoire et merci pour votre soutien.

Merci à Luca pour l'aide apportée à la traduction de mon résumé en anglais.

Et enfin merci à Charlotte et Pierre pour vos encouragements.

Je ne remercie pas le COVID-19 et le confinement, bien sûr, qui ont écourtés notre étalonnage dans les écoles et rendus l'écriture de ce mémoire plus laborieuse.

SOMMAIRE

PARTIE THÉORIQUE

INTRODUCTION.....1

I- Qu'est ce que la navigation spatiale

?.....1

A) Définitions

générales.....1

1. Cognition spatiale.....	1
2. Navigation spatiale.....	2 B)
Comportement spatial de base de la navigation.....	2
C) La notion de repère et référentiel dans la navigation spatiale.....	3
1. Qu'est ce qu'un repère ?.....	3
2. Qu'est ce qu'un référentiel de navigation ?.....	4
a) Le référentiel allocentrique.....	4
b) Le référentiel intrinsèque ou égocentrique.....	4
D) Utilisation du symbolisme et du langage comme stratégie de navigation.....	5
1. La représentation symbolique.....	5
2. Le langage spatial.....	6
E) Connaissances des itinéraires, connaissances de survol et représentations spatiales.....	7
F) La navigation spatiale, modèles neurocognitifs explicatifs.....	9
1. Modèle de Wolbers et Hegarty (2010).....	9
2. Modèle de Wiener et al. (2009).....	11
3. Modèle de Chrastil (2013).....	12
G) Troubles de la navigation.....	13
1. Chez des personnes exemptes d'atteintes neurologiques.....	13
2. Chez des personnes cérébro-lésées.....	14
<u>II- Comment évalue-t-on la navigation spatiale ?</u>	15
A) Évaluation clinique.....	16
B) Questionnaires d'auto-évaluation des capacités de navigation.....	17
1. « Questionnaire on Spatial Representation » – Pazzaglia et al (2000).....	17

2. Échelle du sens de l'orientation de Santa Barbara – Hegarty M., Richardson A. E., Montello D. R., Lovelace K., & Subbiah I. (2002).....17

C) Tests en réalité

virtuelle.....18

1. Memory Island Test – Piper B. J., Acevedo S. F., Craytor M. J., Murray P. W., Raber J. (2010).....18
2. Virtual Tübingen environnement.....19

D) Tests « classiques ».....20

1. Épreuve des trajets au sol – Pradet, De Agostini et Zazzo (1982).....20
2. Le Walking Corsi Test (WalCT).....21

E) Évaluation de la qualité des stratégies dans le WalCT et les blocs de Corsi –

Perrochon et coll (2014).....23

III- Dans quelles conditions de navigation spatiale existe-t-il des

différences hommes/femmes?24

A) Différences hommes/femmes dans les tâches de navigation.....25

1. Dans la littérature.....25
2. Dans le Walking Corsi Test.....26
 - a) Pas de différences filles/garçons chez les 4-11 ans..... 26
 - b) Des différences femmes/hommes chez les étudiants/adultes.....26
 - c) L'adolescence à l'origine des différences de performances ?28

B) Différences hommes/femmes dans les capacités qui sous tendent ou influencent la navigation.....28

1. Différences de performances.....28
2. Différents systèmes de mémoire impliqués, à l'avantage des garçons.....30

C) Différences de stratégies hommes/femmes.....32

1. Aspect développemental des stratégies de navigation.....32
2. Les différences hommes/femmes.....32

IV- Différences sexuelles ou de genre ?

.....	34
A) Définitions.....	34
B) Différences sexuelles dans la navigation – théories biologiques	34
1. Causes hormonales.....	34
2. Causes cérébrales.....	36
C) Différences de genre dans la navigation – facteurs environnementaux.....	35
1. Activités et jouets genrés	36
2. La menace du stéréotype.....	37
D) Différences sexuelles et de genre – théories interactionnistes.....	41
CONCLUSION PARTIE THÉORIQUE.....	42

PARTIE PRATIQUE

INTRODUCTION.....	44
<u>I- Comparaison de notre protocole expérimental avec celui de Piccardi et al (2014c).....</u>	45
A) Différences entre les tests utilisés.....	45
1. Les blocs de Corsi.....	45
2. Le Walking Corsi	
Test.....	47
B) Ajout des échelles d'auto-évaluation.....	49
C) Différences de passation.....	50
D) Échantillons différents.....	50

II- <u>Etude de Piccardi et coll</u>	
<u>(2014c)</u>	53
A) Hypothèses	53
B) Résultats	54
III- <u>Notre étude</u>	55
A) Hypothèses	55
B) Résultats	56
1. Influence des paramètres	56 a)
Selon la latéralité ; l'enfant est droitier ou gaucher.....	56
b) Selon la prise en charge en orthophonie.....	57
c) Selon le sexe.....	58
d) Selon l'ordre de passation.....	59
e) Selon l'examinatrice ou l'école.....	60
2. Analyse développementale.....	61 a)
Performances au WalCT selon l'âge.....	61
b) Performances aux blocs de Corsi selon l'âge	62
c) Comparaison des épreuves au WalCT et aux Blocs de Corsi selon l'âge.....	62
3. Corrélations des performances dans les différentes épreuves.....	64
4. Analyse des échelles d'auto-évaluation.....	65 a)
Lien entre l'auto-évaluation et les performances réelles.....	65
b) Lien entre l'auto-évaluation et la catégorie socio-professionnelle.....	66
c) Lien entre l'auto-évaluation et l'examinatrice/l'école.....	67

d) Différences d'auto-évaluation selon le sexe.....	67
e) Différences d'auto-évaluation selon ordre de passation.....	68
IV- Discussion.....	6

9

A) Influence des paramètres.....	69
---	-----------

B) Analyse développementale.....	70
---	-----------

1. Performances aux blocs de Corsi et au WalCT selon l'âge.....	70
---	----

2. Comparaison des résultats des 2 tests selon l'âge.....	71
---	----

C) Corrélations des performances dans les différentes épreuves.....	72
--	-----------

D) Analyse des échelles d'auto-évaluation.....	72
---	-----------

CONCLUSION PARTIE PRATIQUE ET MÉMOIRE.....	74
--	----

BIBLIOGRAPHIE.....	7
---------------------------	----------

5

ANNEXES

Annexe 1 : « Questionnaire on Spatial Representation » (Pazzaglia et al, 2000) issu de l'article de Pazzaglia et De Beni datant de 2001.....	83
---	----

Annexe 2 : Guide de passation de l'étalonnage du Walking Corsi Test chez des enfants tout venant de 6 à 10 ans.....	85
--	----

Annexe 3 : Feuille de passation des blocs de Corsi et du Walking Corsi Test.....	89
---	----

Annexe 4 : Formulaire de consentement à l'étalonnage du « Walking Corsi Test ».....	90
--	----

INTRODUCTION

Nous définirons la navigation spatiale dans ce mémoire comme une compétence complexe qui consiste à se rendre physiquement d'un point A à un point B dans un grand espace dit « espace de navigation » comme une pièce, un bâtiment ou une ville et qui comprend de nombreuses stratégies cognitives. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons plus précisément aux différences sexuelles et/ou de genre dans cette compétence. En effet, nous entendons fréquemment que les femmes « n'ont pas le sens de l'orientation » ou encore qu'elles « ne savent pas lire une carte ». Ces stéréotypes sont-ils justifiés ? Existe-t-il en effet des différences sexuelles et/ou de genre dans la navigation spatiale ? Si oui, pour quelles raisons ?

Tout d'abord, nous définirons la navigation spatiale et les moyens d'évaluation de cette compétence qui existent à ce jour. Puis, nous verrons les différences de performances filles/garçons ou femmes/hommes dans cette habileté. Enfin, nous tenterons d'expliquer les raisons de ces différences.

I- Qu'est ce que la navigation spatiale ?

A) Définitions générales

1. Cognition spatiale

La cognition est l'ensemble des processus mentaux qui se rapportent à la fonction de connaissance et mettent en jeu la mémoire, le raisonnement, l'apprentissage, la résolution de problèmes, la prise de décision, la perception ou l'attention. Elle est divisée en plusieurs sous composantes dont la cognition spatiale qui se distingue des autres types de cognition par le fait qu'elle n'utilise pas forcément le langage, la production verbale.

Pour Linn et Petersen en 1985, la « pensée spatiale » ou cognition spatiale se définit comme l'habileté à représenter, transformer, générer et rappeler des informations symboliques non linguistiques. La cognition spatiale réunit toutes les capacités spatiales définies comme des habiletés qui permettent de résoudre une catégorie de problèmes où la solution nécessite des déplacements et/ou des transformations d'un objet, ceux-ci étant ordonnés dans le temps. La

possibilité de trouver la solution à cette catégorie de problème par le biais du langage est plus coûteuse. Parmi ces très nombreuses capacités, nous nous intéressons dans ce mémoire plus particulièrement à la capacité de navigation (Soppelsa, 2018).

2. Navigation spatiale

La navigation est peut-être la compétence la plus complexe dans le domaine de la cognition spatiale. Elle implique une gamme élaborée de capacités cognitives.

Nous définirons ici la navigation comme l'ensemble des processus cognitifs qui nous permettent d'atteindre un lieu donné. Le but à atteindre peut être proche, par exemple rejoindre la cuisine alors que je suis dans le salon, ou plus éloigné comme par exemple aller de Toulouse à Lyon. Tout objectif qui nous oblige à nous déplacer physiquement, d'un point de départ à un point d'arrivée, dans un grand espace (dit « espace de navigation » correspondant à l'espace au-delà de la portée de nos bras) entraîne l'utilisation de la capacité de navigation. Plus le lieu est inconnu, plus les stratégies de navigation devront être sophistiquées et multiples : utilisation d'aide externe comme les cartes, les GPS (Global Positioning System), un assistant de navigation, ou les informations demandées aux autochtones.

Cette capacité spatiale complexe fait appel à un système de représentations spatiales et englobe de nombreux processus spatiaux tels que la perception spatiale, l'attention et les connaissances géométriques (Soppelsa, 2018).

B) Comportement spatial de base de la navigation

La plupart des animaux maîtrisent certaines techniques de navigation, bien que très élémentaires dans certains cas. Il existe 3 niveaux de complexités dans la navigation : le suivi d'itinéraire, le pilotage et la navigation à l'estime.

Tout d'abord, nous verrons le suivi d'itinéraire. Le suivi d'itinéraire est une compétence très simple qui consiste à identifier des signaux dans l'environnement et de les suivre. Par exemple, les fourmis déposent des traînées de phéromone pour indiquer un chemin nid-nourriture (par ex Van der Meer, 1986). Chez l'Homme, nous effectuons ce comportement quand nous suivons des balises de randonnée par exemple.

Ensuite, le pilotage est un peu plus complexe que le suivi d'itinéraire. Il correspond à une exploration intentionnelle d'un environnement pour atteindre un élément ou un emplacement cible donné. Cette capacité se développe grâce à l'expérience de l'environnement et à la capacité de faire

une cartographie de base d'un environnement. Par exemple, les rats et souris sont capables de pilotage comme le montrent les travaux où ils traversent des labyrinthes (par ex Morris, 1984). Ce comportement chez l'Homme est présent par exemple lors d'une chasse au trésor.

Enfin, le dernier niveau de complexité est la navigation à l'estime. La navigation à l'estime est un processus consistant à calculer sa position actuelle en utilisant une position de départ préalablement déterminée, et à avancer de cette position en fonction des vitesses estimées et du temps écoulé. La navigation à l'estime est possible si on a la possibilité de faire un codage égocentré en association avec une réactualisation de sa position au court du temps, et particulièrement au moment des changements de direction. La navigation à l'estime est un comportement spatial dans lequel des calculs géométriques détaillés ont lieu. Par exemple, lorsqu'un animal peut déduire son emplacement de départ en fonction du chemin emprunté depuis cet emplacement, il a utilisé cette compétence. La navigation à l'estime chez l'Homme est notamment utilisée par les marins. Les marins s'appuient sur leurs choix de direction (ou cap) et leur vitesse pour établir leur position (par ex McNaughton, Chen et Markus, 1991). La navigation à l'estime est associée au lobe temporal droit chez l'Homme (Worsley et al 2001).

En conclusion, ces 3 types de comportements de base, plus ou moins complexes, sont retrouvés dans la capacité de navigation humaine.

Contrairement aux autres espèces, nous n'avons pas la possibilité de nous fier à une trace olfactive ou hormonale par exemple. Cependant, l'habilité de l'être humain à manier des informations symboliques lui permet de créer des supports tels que les cartes, ou de décrire l'espace au travers du langage. Notre capacité à naviguer va alors dépendre de notre représentation de la position des objets (points de repère) et des caractéristiques de l'environnement, et de l'actualisation de notre propre position dans cet environnement en fonction de nos déplacements (Newcombe, Uttal, & Sauter, 2013) (Van der Ham et Claessen, 2017).

C) La notion de repère et référentiel dans la navigation spatiale

1. Qu'est-ce qu'un repère ?

En navigation spatiale, un repère se définit comme un événement perceptuel unique (souvent visuel pour l'Homme), associé à une localisation géographique spécifique. Les repères vont servir de support aux stratégies de navigation : ils permettent de prendre des décisions quand des changements d'orientation sont nécessaires. Ils servent à la fois à déterminer le début et la fin du trajet, mais également à maintenir l'itinéraire en offrant au sujet des étapes, des « buts »

intermédiaires. Ils représentent des « feedbacks », des informations de l'environnement qui permettent au sujet d'adapter son comportement.

Ces points sont utilisés par le sujet dans différents cadres de référence comme détaillés ciaprès. La prise de repère ainsi que le cadre de référence utilisé se font de manière consciente ou inconsciente (Van der Ham et Claessen, 2017).

2. Qu'est-ce qu'un référentiel de navigation ?

Les repères s'inscrivent dans un référentiel. Un référentiel se définit, en cognition spatiale, comme le point d'ancrage à l'appréhension de l'espace. Il nous permet de régler des tâches d'ordre spatial et notamment les tâches de navigation. Il existe deux référentiels de navigation.

a) Le référentiel allocentrique

Celui-ci peut être décliné en deux formes différentes. En effet, le référentiel allocentrique peut être absolu ou relatif.

Le référentiel allocentrique absolu ne s'applique pas à un objet présent dans l'environnement, il s'appuie sur les 4 points cardinaux. Par exemple, « le Brésil est au nord de l'Uruguay ».

Le référentiel allocentrique relatif s'applique à un objet qui est pris comme point de repère et qui va permettre de définir le rapport spatial des autres objets présents. Par exemple, « la cafetière est à côté du sucrier ». En navigation, la prise d'indice dans l'environnement peut alors se faire en lien avec les repères précédents et suivants, et les objets peuvent être localisés en fonction d'autres éléments. Dans ce référentiel, notre propre corps est un objet/repère comme un autre.

b) Le référentiel intrinsèque ou égocentrique

Ce référentiel est relatif et dépend de la position d'un sujet spécifique sur lequel on va appliquer le référentiel, ou de l'observateur lui-même. Il peut donc s'appliquer sur un objet indépendant de l'observateur (par exemple : « la cafetière est à gauche du sucrier ») ou le repère est l'observateur lui-même (par exemple : « Jean est à ma gauche »).

L'utilisation d'un type de référentiel ou d'un autre dépend du type de problème auquel on est confronté. Si le but à atteindre est visible et que le sujet s'est déplacé après une observation de l'environnement, une stratégie égocentrique est efficace : « pour atteindre la boulangerie, je passe devant la parc ». Par contre, si le but à atteindre est hors du champ de vision et que le sujet doit se

déplacer, une stratégie allocentrique est nécessaire : « je sais que la boulangerie est dans une rue parallèle à la boucherie » (Burguière et al., 2005).

En termes de corrélats neuronaux, les deux référentiels sont dissociés. La prise de perspective allocentrique est typiquement liée à l'activation de l'hippocampe, alors que l'utilisation en perspective égocentrique est fortement corrélée avec l'activation du cortex pariétal (Ciaramelli, Rosenbaum, Solcz, Lévine et Moscovitch, 2010).

Cependant, en navigation, nous utilisons souvent ces deux référentiels de manière simultanée et complémentaire, ils sont donc difficilement dissociables.

En effet, nous utilisons à la fois des connaissances d'itinéraires (égocentrées) et des connaissances de survol (vues du dessus, allocentrées) dans nos déplacements dans des lieux familiers. Ce point de vue sera détaillé dans la suite de mon mémoire.

De plus, en navigation, même en utilisant seulement une stratégie allocentrique (comme « suivre le nord »), nous ne pouvons pas nous empêcher d'enregistrer des informations sur le milieu et sur nous-même de manière égocentrique. Burgess, Spire et Paleologou (2004), dans leurs travaux sur la mémoire spatiale, évoquent un processus appelé la « mise à jour égocentrique ». Nous encodons en mémoire lors de toute navigation spatiale des éléments de manière égocentrique et multisensorielle (visuels, auditifs, olfactifs, kinesthésiques, tactiles). Ces éléments sont des repères de l'environnement ou les mouvements de notre propre corps.

En outre, parmi les comportements de base de navigation cités précédemment, la navigation à l'estime est un bon exemple de comportement de navigation où les deux référentiels sont utilisés. Elle est utilisée quand le milieu est inconnu mais que la direction générale du but à atteindre, elle, est connue. Le sujet part du point de départ et se dirige vers le but à atteindre, s'arrête à un autre point, évalue le temps qu'il a mis entre le point de départ et sa localisation actuelle (référentiel égocentrique), s'oriente (grâce à un référentiel allocentrique) et repart, et l'opération se répète encore et encore (Van der Ham et Claessen, 2017).

D) Utilisation du symbolisme et du langage comme stratégie de navigation

1. La représentation symbolique

La représentation symbolique est une capacité, propre à l'Homme, d'utiliser des signes, des symboles à la place de l'objet réel (ici l'espace). Cette habileté que nous avons à nous représenter l'espace joue un rôle important dans la cognition spatiale. En effet, elle augmente de façon significative nos capacités de résolution de problèmes spatiaux (et donc de problèmes de

navigation) en utilisant le langage, le langage spatial, les cartes, la production graphique et la production de croquis (Soppelsa, 2018).

2. Le langage spatial

Le langage spatial comprend tout le lexique qui nous est utile dans la résolution d'un problème d'ordre spatial. L'émergence du vocabulaire spatial est permise grâce à la maîtrise de l'espace concerné par l'enfant. On observe ainsi l'émergence de « dedans/ dehors », puis de « sur/ sous », puis de « à côté/ entre », puis de « devant/ derrière ». Il en est de même pour la connaissance « droite/gauche ».

La discrimination droite/gauche est précoce, et a lieu dès la naissance. Cette capacité est seulement explicitée vers l'âge de 5 ans, quand la notion linguistique « droite/gauche » apparaît. La connaissance du vocabulaire spatial est liée à la connaissance de la langue et non à la connaissance perceptive de l'enfant de l'espace. Mais ce lexique, préalablement appris, servira à l'enfant par la suite pour enrichir ses connaissances spatiales. Il permet notamment, dans des situations de résolutions de problèmes spatiaux, la mise en place du soliloque (se parler à soi-même), ce qui est une stratégie plutôt efficace.

Grâce au langage spatial, les relations entre deux objets peuvent être décrites. Cette description est possible en catégories ou grâce à des coordonnées.

Tout d'abord, la description catégorielle implique l'utilisation de mots spatiaux permettant le regroupement par localisation : « à droite », « à gauche », « en face de »,... Elle sert dans des actions perceptives telles que l'enregistrement des positions approximatives des objets de façon égocentrique (« la chaise est à ma droite ») ou allocentrique (« la chaise est à côté de la table »). Les catégories « dessus/dessous » et « devant/derrière » sont dites asymétriques car elles s'appuient sur des perceptions venant de l'extérieur et dirigées : d'une part l'attraction terrestre, d'autre part ce que l'on voit ou pas, en tant qu'observateur, de l'environnement. Ces deux catégories conceptuelles sont maîtrisées plus tôt par les enfants que la droite et la gauche, qui est une discrimination symétrique et égocentrique. Il faut utiliser sa propre asymétrie pour déterminer où se trouve sa droite et sa gauche.

La description par coordonnées permet la spécification métrique des distances et de l'orientation. Cette description est utile si l'on veut un contrôle précis des actions portées sur les objets (Postma, 2016).

Il existe des différences inter-linguistiques importantes dans le langage spatial. En effet, l'espace est un des domaines qui entraîne des variations considérables dans les différentes langues humaines. Chaque langage a ses propres contraintes : par exemple, les anglophones utilisent des prépositions de lieux et les francophones des verbes pour donner la valeur spatiale.

Ces contraintes modélisent notre façon de traiter les informations spatiales.

Au-delà de ces différences de contraintes linguistiques, Levinson (2003) montre qu'il existe des différences inter-linguistiques dans l'utilisation des référentiels égocentriques et allocentriques. Les langues occidentales possèdent des mots qui mettent en place le référentiel égocentrique. Mais dans d'autres langues, comme le tzeltal (langue maya parlée au Mexique dans le Chiapas) et le guguyimidjir (langue aborigène parlée dans le Queensland en Australie), le vocabulaire spatial n'est qu'allocentrique (Nord, Sud, Est, Ouest). L'utilisation préférentielle et précoce du référentiel égocentrique au cours du développement des enfants en Occident est contrainte par la langue que parlent ceux-ci. Les expériences de Hribar et al (2011) sur des grands singes montrent que, sans langage, c'est le référentiel allocentrique qui est choisi.

Le traitement langagier de l'espace aurait donc un impact sur le traitement spatial.

Néanmoins, le traitement cognitif de l'espace peut être considéré comme universel et primitivement indépendant du langage. Un des premiers arguments en faveur de cette indépendance est la propension, chez le bébé, à découvrir les invariants perceptifs et à pouvoir s'orienter bien avant que le langage ne se mette en place (Acredolo, 1978).

De plus, l'observation de pathologies met en lumière des traitements cognitifs dissociés en ce qui concerne l'espace et le langage. Le syndrome de Williams, par exemple, est une maladie génétique qui associe des difficultés cognitives à des malformations cardiaques. Cette maladie présente la particularité de produire des difficultés spatiales non linguistiques chez les sujets atteints alors que la sphère langagière est plutôt préservée. A quotient intellectuel égal, les patients, comparés à une population témoin, ne présentent pas de différence de niveau de vocabulaire spatial catégoriel (Landau & Lakusta, 2006). A l'inverse, les sujets atteints du syndrome de Gerstmann (Gerstmann, 1957 ;Lareng-Armitage & Bénesteau, 2005) présentent une indistinction droite gauche sans trouble de la navigation (Soppelsa, 2018).

E) Connaissances des itinéraires, connaissances de survol et représentations spatiales

Les connaissances d'itinéraires et les connaissances de survol peuvent être considérées comme les connaissances spatiales indispensables pour naviguer (Siegel & White, 1975). Ces deux types de connaissances se chevauchent avec la distinction égocentrique (itinéraire) – allocentrique (survol).

Un itinéraire désigne une route, un chemin ou un trajet à suivre. Il est familier ou connu grâce à un tiers (plan, GPS, ou décrit par une personne). La connaissance des itinéraires concerne l'information sur les virages à prendre, à quel point de repère, dans un environnement pour atteindre

un emplacement de but donné. De telles informations concernent généralement l'application du référentiel égocentrique, bien qu'une application du référentiel allocentrique est également possible.

Les connaissances de survol correspondent à l'information spatiale que l'on obtient en se mettant à la place du point de vue d'un oiseau, et sont donc étroitement liées à un référentiel allocentrique.

Des études sur les connaissances d'itinéraires et les connaissances de survol soulignent que la distinction entre les deux n'est pas très stricte. En effet, bien qu'il existe une abondante documentation sur cette distinction d'un point de vue comportemental, cette dissociation n'est pas aussi claire d'un point de vue neurologique.

Ishikawa et Montello (2006) font valoir que les allégations selon lesquelles les connaissances sur les repères et les itinéraires précèdent la connaissance de survol sont fausses. Ils montrent qu'à partir de la première exposition à un environnement, des informations de configuration métrique peuvent être obtenues. Les deux compétences ne semblent pas se développer de manière distincte.

De plus, nous utilisons souvent ces deux types de connaissances de manière complémentaire et simultanée et la distinction entre les deux est donc floue.

Cependant, Noordzij, Zuidhoek et Postma (2006) ont montré que la connaissance d'un lieu est influée en fonction de si on bénéficie de connaissances de survol ou d'itinéraire.

Ils ont travaillé sur une expérience qui fait appel à ces deux types de connaissances. Dans cette expérience, la connaissance d'un environnement (un zoo et un centre commercial) est décrite verbalement sous la forme d'un itinéraire ou d'une vue du dessus. Après que les participants aient étudié les descriptions des lieux, leur mémoire sur la disposition de l'environnement peut être testée de diverses manières afin d'évaluer la qualité de la carte mentale qu'ils ont construite. Les chercheurs ont utilisé une tâche de comparaison des distances, dans laquelle on a demandé aux participants d'estimer la distance entre des repères. Les individus obtiennent de meilleurs résultats sur ces comparaisons de distance après une description des connaissances de survol.

Le résultat de cette expérience laisse supposer que nous pensons l'environnement sous forme de carte mentale représentée de manière allocentrique, vue du dessus. En effet, la moins bonne performance des individus bénéficiant des informations d'itinéraires peut s'expliquer par le fait qu'ils ont dû traduire les connaissances d'itinéraires égocentrées en carte mentale allocentrée, alors que les individus bénéficiant des connaissances de survol n'ont pas eu à faire cette tâche.

En outre, les données portant sur des expériences similaires et adaptées pour des personnes aveugles montrent qu'ils sont plus performants après une description d'itinéraire. Cela laisse supposer que penser l'environnement sous forme de carte mentale allocentrée n'est possible que par l'expérience visuelle (Van der Ham et Claessen, 2017).

La vision joue en effet un rôle prépondérant dans notre manière d'appréhender l'espace. Les études sur les personnes aveugles montrent une perturbation et un retard d'acquisition des compétences spatiales (orientation, compréhension, construction et représentation), des difficultés d'accès à la symbolisation de l'espace, une persistance de l'utilisation du référentiel égocentré (plus coûteux quand l'espace est grand) et donc des difficultés d'accès à des cartes cognitives. Les déplacements sont par conséquent moins efficaces. Ces particularités expliquent le fait qu'ils soient plus performants avec les connaissances d'itinéraires. Les personnes aveugles ne pensent pas l'espace sous forme de « cartes » qui sont visuelles, mais sous la forme d'une entité multisensorielle égocentrée : ils utilisent les modalités intéroceptives (proprioception, kinesthésie, tact, écholocalisation, audition, système vestibulaire) pour se représenter mentalement l'espace (Carrer, 2019).

F) La navigation spatiale, modèles neurocognitifs explicatifs

L'un des plus grands défis de la recherche en navigation est de représenter cette capacité complexe en un seul modèle. Le consensus dans les recherches existantes est que cette capacité est considérée comme une fonction cognitive composée de multiples composantes.

La plupart des études sur la navigation portent sur une sous-composante particulière, comme le référentiel. Néanmoins, certaines études portent sur les dissociations entre des sous-composantes, tel que le codage spatial et temporel de l'information sur les itinéraires (par exemple, van der Ham et al., 2010). Dans la littérature, peu de modèles pour structurer les sous-composantes de la navigation ont été proposés. Ces modèles sont basés sur la littérature uniquement, sans preuves empiriques directes pour composer un modèle neurocognitif complet de la navigation (Van der Ham et Claessen, 2017).

1. Modèle de Wolbers et Hegarty (2010)

Wolbers et Hegarty (2010) ont fourni l'un des modèles les plus couramment cités dans les études portant sur la navigation. Dans ce modèle, ils organisent la plupart des processus impliqués dans la navigation en fonction de leur lien avec la perception (indices spatiaux), le traitement (mécanismes de calcul) et la représentation des informations de navigation (représentations spatiales).

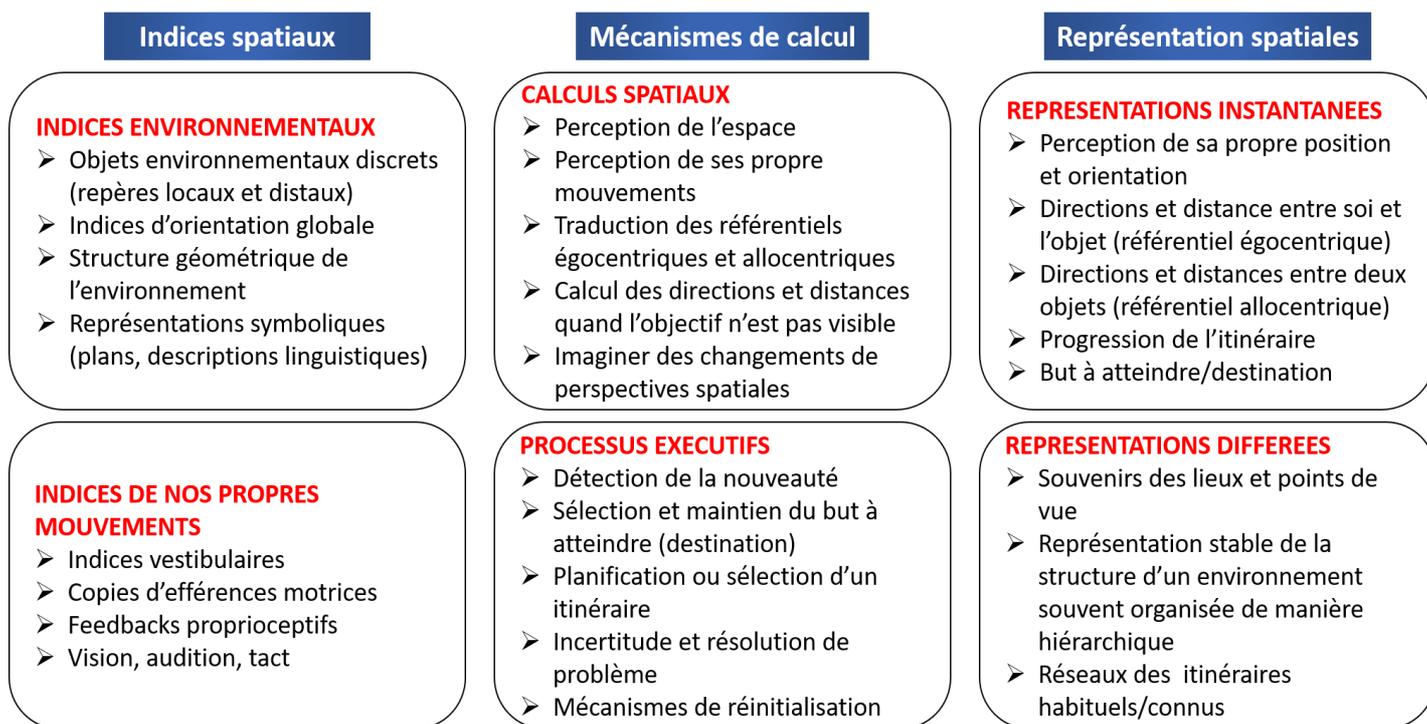


Figure 1 : Modèle neurocognitif de la navigation de Wolbers et Hegarty (2010)

Bien que l'énumération des processus de navigation dans ces trois catégories soit instructive et utile, cette approche se concentre principalement sur l'ordre chronologique de ces processus (perceptions, puis traitements, puis représentations spatiales), et non sur leurs caractéristiques fonctionnelles.

Par exemple, notre mémoire enregistre des repères environnementaux durant les trois phases de ce modèle.

De plus, la mémoire des repères est probablement une fonction unitaire indépendante de ces trois catégories, comme l'illustre l'agnosie topographique ou l'agnosie des points de repère topographiques par exemple (Aguirre & d'Esposito, 1999; Mendez & Cherrier, 2003). L'agnosie topographique correspond à une incapacité à utiliser les points de repères de l'environnement pour s'orienter. La mémoire topographique, au sens strict du terme, est bonne : le sujet peut représenter des lieux sous forme de dessins, de plans et d'itinéraires familiers mais il est incapable de les reconnaître sur photographie ou quand il est en leur présence. Dans cette pathologie, la perception est bonne puisque le traitement et la représentation spatiale résultante sont justes. Si on suit ce modèle, les patients ne sont pas censés avoir de difficultés - ce qui confirme que la mémoire des repères et leur reconnaissance est donc probablement une fonction unitaire.

Par conséquent, il pourrait être plus utile de modéliser la capacité de navigation en distinguant les fonctions cognitives impliquées et les processus qu'elles entraînent sans l'aspect chronologique. Cela montrerait que notre mémoire des repères est l'une des composantes de la capacité de navigation, et non une caractéristique qui est présente lors de chaque phase (Van der Ham et Claessen, 2017).

2. **Modèle de Wiener et al. (2009)**

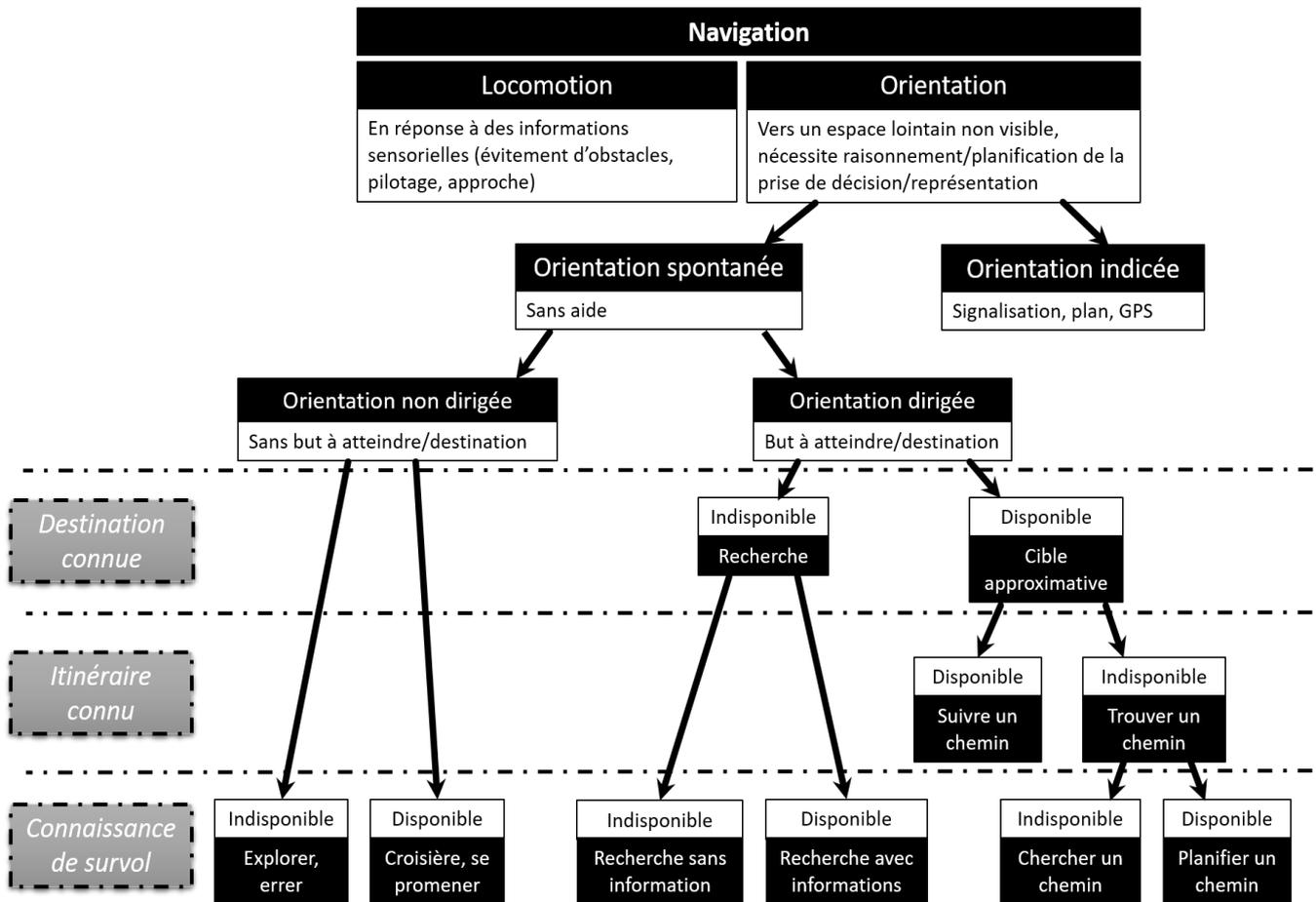


Figure 2 : Modèle neurocognitif de la navigation de Wiener et al (2009)

Dans cette taxonomie, l'accent est mis sur les comportements mis en jeu en navigation. Une des caractéristiques importantes de cette taxonomie est qu'elle guide l'individu vers un comportement de navigation adapté. Il ne s'agit toutefois que d'une taxonomie restreinte de la navigation, elle ne représente pas la capacité dans son ensemble.

Ce modèle décrit les différentes manières dont nous suivons un chemin spécifique entre deux points. D'autres aspects importants de la navigation, tels que la prise de repères ou le sens de direction, ne sont pas abordés dans cette taxonomie. Néanmoins, il offre une méthode utile pour caractériser ce comportement spatial, qui pourrait éventuellement être étendu pour inclure d'autres aspects de la navigation (Van der Ham et Claessen, 2017).

3. **Modèle de Chrastil (2013)**

Chrastil (2013), quant à lui, a présenté un modèle de navigation basé sur des corrélats neuronaux. Cette taxonomie décrit sept processus cognitifs différents selon quatre catégories de connaissances spatiales. Elle fait la distinction entre la connaissance de l'itinéraire et la connaissance de survol, même si celle-ci ne fait pas consensus.

	Repère	Itinéraire	Connaissance graphique (carte mentale)	Survol
Reconnaissance d'un lieu	X	X	X	X
Apprentissage par séquence		X	X	
Identification des points de prise de décision	X	X	X	
Apprentissage de la réponse		X		
Association d'idées		X	X	
Localisation du but à atteindre			X	X
Intégration du chemin				X

Figure 3 : Modèle neurocognitif de la navigation de Chrastil (2013)

Il ajoute les connaissances graphiques comme catégorie à part entière dans les connaissances spatiales utilisées pour la navigation. Les connaissances graphiques correspondent ici à l'habileté spatiale de transposer l'espace réel en une carte mentale et viceversa, c'est-à-dire la capacité d'utiliser des cartes mentales en pratique pendant la navigation. Elles représentent donc un hybride entre la connaissance de survol (permettant la modélisation d'une carte mentale) et l'itinéraire (permettant le déplacement réel), la carte mentale étant traduite en itinéraire pour naviguer. Par

exemple, lorsqu'on demande à quelqu'un de générer une description d'itinéraire entre l'Hôtel de Ville et la bibliothèque, il utilisera une carte mentale de la ville pour reconstruire l'itinéraire alors qu'il ne l'a pas nécessairement expérimentée.

Pour conclure, ces trois modèles sont intéressants, mais il est important de souligner que les chercheurs se sont seulement basés sur la littérature existante car, à ce jour, aucune expérience n'a été spécialement conçue pour tester la viabilité de ces modèles. Ces modèles pourraient être considérés comme viables si, d'un point de vue neurocognitif, les différents processus sont en effet séparés et représentent des fonctions fondamentalement différentes. Par conséquent, il faudrait effectuer des études portant sur les différences inter-individuelles à grande échelle dans différentes tâches de navigation, impliquant tous les processus cognitifs. Non seulement les profils de performance au sein de la population « saine » peuvent être intéressants, mais l'observation clinique des individus peut également aider dans l'identification et l'isolement des processus (Van der Ham et Claessen, 2017).

G) Troubles de la navigation

1. Chez des personnes exemptes d'atteintes neurologiques

A ce jour, deux descriptions de sujets adultes présentant une Désorientation Topographique Développementale (DTD) ont été faites par Bianchini et al (2010) puis par Iaria et Burles (2016). Plusieurs autres descriptions ont suivi. Ces sujets sont exempts d'atteintes neurologiques et présentent une désorientation géographique.

Les descriptions de Bianchini et al (2010) et Iaria et Burles (2016) sont précises concernant les circonstances des troubles et leur expression précoce. Les deux sujets (adultes) ont la symptomatologie suivante :

- Les troubles sont persistants et commencent pendant l'enfance,
- Les sujets ne se déplaçaient, enfants, qu'en présence d'une tierce personne,
- Actuellement, ils sont capables de se repérer dans l'appartement qu'ils habitent mais sont incapables de produire un plan de leur habitation,
- Les seuls trajets qu'ils font vont de leur lieu d'habitation à leur lieu de travail,
- Pour ce trajet, ils se servent chacun de leur propre stratégie : l'un utilise des mémos indiquant par écrit les différents changements d'orientation, tandis que l'autre s'appuie sur la mémorisation de repères de l'environnement.

En conclusion, on peut décrire la Désorientation Topographique Développementale comme la perte sélective de la capacité à trouver son chemin dans des environnements nouveaux et familiers.

Les deux sujets ont passé des tests approfondis qui ont révélé un déficit très spécifique limité à la capacité de générer une carte cognitive de l'environnement. L'intelligence est normale, le trouble est spécifique et ne touche que la navigation.

De manière plus globale, les tests neuropsychologiques qui ont été passés par les sujets porteurs de DTD dans la littérature montrent une absence de déficit visuo-constructif (figure de Rey normale), des performances sur l'assemblage d'objets et une mémoire de travail non verbale (blocs de Corsi) dans la norme. Le trouble ne semble pas dû à un déficit primaire comme un trouble exécutif ou un déficit cognitif (Soppelsa, 2018).

2. Chez des personnes cérébrolésées

Aguirre et d'Esposito (1999) propose une taxonomie des troubles de la navigation en se servant des observations des troubles comportementaux de personnes cérébrolésées et en l'associant à leurs substrats neuronaux. Cette recherche ne présuppose aucun modèle sous-jacent, elle reste au niveau de la description. Ces auteurs distinguent 4 types de désorientation (Soppelsa, 2018).

➤

La désorientation égocentrique

- Déficit dans la capacité à se représenter « la localisation relative des objets par rapport à eux-mêmes en l'absence de reconnaissance visuelle »
- Difficultés à trouver son chemin dans un environnement connu et/ ou nouveau
- Difficultés dans les tâches spatiales de type transformation comme la rotation mentale et les activités visuo-spatiales

➤

La désorientation directionnelle

- Déficit dans la capacité à utiliser l'information directionnelle à partir de repères qui, eux, sont bien mémorisés et correctement ordonnés dans le temps
- Désorientation plus rare que la première (désorientation égocentrique)

➤

La désorientation référentielle : « agnosie de repère » ou « agnosie topographique »

- Déficit pour utiliser des caractéristiques environnementales saillantes pour s'orienter
- Désorientation perceptuelle : les repères ne pourraient être appréhendés
- Désorientation mémorielle : les repères même signifiés ne peuvent être maintenus en mémoire
- Pas de trouble de la représentation spatiale, ils peuvent dessiner un plan ou décrire un itinéraire

➤

La désorientation antérograde

- Déficit sélectif pour naviguer dans les lieux nouveaux
- La connaissance des lieux connus est préservée

Figure 4 : Taxonomie des troubles de la navigation chez des sujets cérébrolésés (Aguirre et d'Esposito, 1999)

II- Comment évalue-t-on la navigation spatiale ?

Les tests et questionnaires que nous allons présenter dans cette partie sont, pour la plupart, protégés et onéreux. Nous n'avons donc pas pu bénéficier de toutes les informations les concernant. Nous rapportons donc ici les quelques informations que nous avons pu obtenir au travers de divers articles scientifiques.

A) Évaluation clinique

Selon l'habileté que l'on veut évaluer, différents exercices non étalonnés sont possibles (cf Pierre, 1997). Un exemple est le dessin manuel de carte.

Walsh, Krauss et Regnier (1981) ont proposé une étude explorant les variables influençant la façon dont les adultes utilisent leur environnement urbain proche. Pour cela, ils ont sélectionné 202 adultes vivant depuis plus de 15 ans dans deux quartiers de deux villes des Etats-Unis. Après avoir étudiés les caractéristiques propres à chaque lieu, ils ont analysés des cartes dessinées par les individus sélectionnés.

Les instructions données étaient : « Dessinez manuellement une carte de votre voisinage, de l'endroit où vous vivez, des endroits qui vous sont familiers et que vous connaissez bien. Cela inclut votre maison ». Les instructions minimales permettent un reflet de chaque conception individuelle du voisinage. Le dessin se fait sur une feuille blanche de format A4. Un carbone placé sous la feuille permet une copie immédiate du dessin. Après 2 puis 6 minutes le carbone est changé, pour un temps maximum de 14 minutes. Avant de finir sa carte, chaque sujet doit y indiquer le Nord.

L'évaluation de la qualité de ces cartes a été faite de telle façon que l'on puisse vérifier si des schémas invariables sont utilisés. Or, il est apparu que la façon de structurer la ville est plus basée sur la manière dont l'espace est perçu. Ils ont mis en évidence que la motivation, l'habileté cognitive et les capacités graphiques influencent la qualité de la représentation. Différents types d'externalisation ont ainsi été obtenues : certaines ne sont que des descriptions verbales ou des dessins en perspective, comme vus d'une fenêtre d'appartement.

Ils ont donc décidé d'analyser qualitativement et quantitativement chaque dessin. Pour cela chaque information contenue dans la représentation est analysée : sont pris en compte la taille de l'espace, la quantité d'information, la type d'information, la précision de la représentation, la présence d'informations spécifiques et générales, et le niveau d'organisation. Le score de chaque variable est déterminé par calcul ou estimation et leur combinaison donne un index pouvant être utilisé pour indiquer la complexité générale de la carte. Ainsi, chaque carte est caractérisée par la taille de l'espace, sa précision, le nombre d'informations contenues et le nombre absolu de routes et de lieux indiqués.

Par cette analyse, Walsh et al ont pu déterminer comment les individus percevaient leur environnement et quelle était la précision de l'externalisation de leur représentation mentale.

B) Questionnaires d'auto-évaluation des capacités de navigation

1. « Questionnaire on Spatial Representation » – Pazzaglia et al (2000)

Nous nous sommes particulièrement intéressés à ce questionnaire, puisqu'il a été utilisé par Piccardi et al en 2011 dans une de ses études sur le Walking Corsi Test.

Ce questionnaire est une échelle d'auto-évaluation conçue pour évaluer le sens de l'orientation et la représentation spatiale des jeunes adultes par Pazzaglia et al (2000) (**voir annexe 1**). Le pré-étalonnage a été effectué auprès de 56 étudiants de premier cycle qui ont reçu une version

provisoire de l'échelle. Puis, une version révisée de l'échelle a été administrée à 285 étudiants de premier cycle (60 hommes et 225 femmes).

Le questionnaire comprend 11 éléments sous forme de questions auxquelles il faut répondre de 1 : pas du tout à 5 : tout à fait. Ces différents items portent sur plusieurs capacités spatiales : sens général de l'orientation, connaissance et utilisation des points cardinaux, capacité d'orientation extérieure et intérieure, préférence pour les représentations topographiques, routières ou axées sur les points de repère. L'analyse factorielle a révélé l'existence de 5 facteurs dans les différents items. Le facteur 1 regroupait les éléments sur le sens de l'orientation dans des environnements ouverts et fermés ; le facteur 2, l'utilisation de la boussole pour des tâches d'orientation ; le facteur 3 regroupait lui les éléments sur la préférence pour une représentation de survol de l'espace et un codage spatial par descriptions verbales ; enfin, les facteurs 4 et 5 regroupaient les éléments sur les points de repère et la préférence d'itinéraire de la représentation spatiale.

Dans une troisième étude, 228 étudiants de premier cycle (70 hommes, 158 femmes) ont fait ce questionnaire, avec la passation en parallèle de tests mesurant différentes compétences spatiales (Pazzaglia & al, 2001). Les auteurs ont pu alors distinguer trois types de représentations spatiales chez les étudiants : la représentation spatiale de survol, d'itinéraire et la représentation spatiale centrée sur les points de repère. Cette dernière correspond à la détection d'un certain nombre de points de repère saillants, non reliés à un réseau (représentation des itinéraires), ni inclus dans une représentation plus globale (représentation de survol).

2. Échelle du sens de l'orientation de Santa Barbara – Hegarty M., Richardson A. E., Montello D. R., Lovelace K., & Subbiah I. (2002)

C'est un questionnaire d'auto-évaluation des capacités de navigation. L'échelle comprend 15 affirmations que les participants doivent noter de 1 (tout à fait d'accord) à 7 (tout à fait en désaccord). La moitié des affirmations est formulée positivement, et l'autre moitié négativement.

Six études différentes ont été réalisées autour de ce questionnaire. En tout, il a été administré auprès de 486 étudiants, dont 270 femmes et 216 hommes. Ces différentes études ont montré que la mesure de l'échelle se rapproche plus de la mesure des tests de connaissances spatiales qui impliquent de s'orienter soi-même dans l'environnement, qu'avec la mesure des tests qui impliquent d'estimer des distances ou de dessiner des cartes. L'échelle est également plus corrélée avec les mesures des connaissances spatiales acquises à partir d'une expérience directe dans l'environnement qu'avec les mesures des connaissances acquises à partir de cartes, de vidéos ou d'environnements virtuels.

C) Tests en réalité virtuelle

1. Memory Island Test – Piper B. J., Acevedo S. F., Craytor M. J., Murray P. W., Raber J. (2010)

L'avancée technologique nous offre de nouvelles manières d'évaluer des compétences psychomotrices, notamment par le biais de tests en réalité virtuelle. La réalité virtuelle est pertinente pour évaluer des sous-composantes de navigation car elle nous permet une évaluation de celles-ci sans sortir d'une salle de consultation.

Le Memory Island Test mesure la mémoire spatiale dans le cadre d'un déplacement dans un monde virtuel. Le participant navigue à travers un monde virtuel représentant une île de 347 m par 287 m et composée de quatre zones, chacune contenant un objet cible différent.

Dans la première partie du test, les objets cibles sont indiqués par la présence d'un drapeau. Les enfants avaient alors pour objectif de retrouver le drapeau et ainsi l'objet cible dans les quatre zones.

Dans la seconde partie du test, les enfants sont formés pour naviguer vers une cible cachée : il n'y a plus de drapeau adjacent à l'objet cible. Les sujets doivent se remémorer où se trouvaient les cibles de la première partie du test et comment s'y rendre.

L'échantillon était composé de 50 enfants de 7 à 10 ans. Dans chaque essai, le niveau de navigation en réalité virtuelle des enfants a été informatiquement calculé grâce aux données de distance parcourue (unités virtuelles), de latence pour atteindre la cible (en secondes) et aux données de vitesse (unités virtuelles/secondes).

Au cours de cette étude, les enfants ont aussi accompli une batterie de tests d'attention, de mémoire visuelle et spatiale, et de fonction exécutive. Les différents résultats de cette batterie indiquent qu'il y a une augmentation rapide de la mémoire visuo-spatiale entre neuf et dix ans. On retrouve cette augmentation dans les résultats de l'étalonnage du Memory Island Test.



Figure 5 : Image extraite du Memory Island Test – Piper B. J., Acevedo S. F., Craytor M. J.,

Murray P. W., Raber J. (2010)

2. Virtual Tübingen environnement – Van Veen, Distler, Braun, Bulthoff (1998)

Une étude a développé une procédure d'essai systématique pour mesurer la capacité de navigation sur deux phases dans des groupes sains et cliniques (Claessen & al 2016, Van der Ham & al. 2017). Dans ce test, la batterie de tâches de Virtual Tübingen, une grande version virtuelle réaliste de la ville allemande de Tübingen, a été utilisée.



Figure 6 : Image extraite du Virtual Tübingen environnement – Van Veen, Distler, Braun, Bulthoff (1998)

Au cours de la première phase d'apprentissage, les patients ont regardé deux fois le film d'un court trajet dans cette ville virtuelle et ont été invités à prêter une attention particulière au parcours. Ensuite, différents aspects de la connaissance de l'itinéraire appris ont été évalués à l'aide de 12 sous-tâches : reconnaissance de scène, continuation de l'itinéraire, séquence de l'itinéraire, ordre de l'itinéraire, progression de la route, distance de l'itinéraire, estimation de la distance, estimation de la durée, pointer le départ, pointer l'arrivée, dessin de l'itinéraire, utilisation d'une carte.

D) Tests « classiques »

Le Vandenberg Mental Rotation Test (Vandenberg, 1971) et le Test d'orientation spatiale de Guilford-Zimmerman (Guilford, Zimmerman, 1948) mesurent respectivement la rotation mentale et l'orientation spatiale (pas de locomotion). Ces deux tests mesurant des sous-composantes de la navigation, il a été choisi de ne pas en parler au sein de ce mémoire.

1. Épreuve des trajets au sol – Pradet, De Agostini et Zazzo (1982)

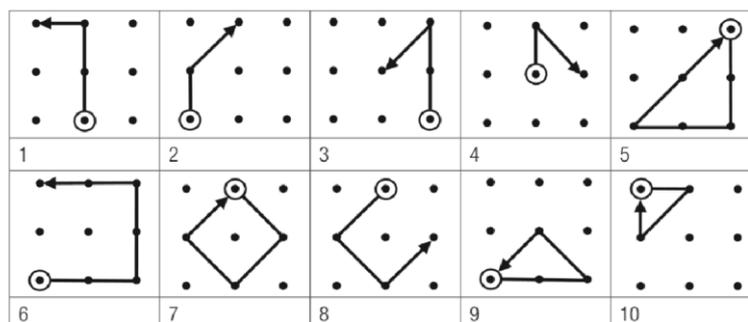
Pradet, De Agostini et Zazzo proposent en 1982 une nouvelle épreuve explorant l'espace. Elle se divise en deux temps : l'enfant doit lire un plan indiquant un trajet, puis il doit effectuer ce trajet en se déplaçant dans l'espace de locomotion. Le test comprend deux séries de difficultés croissantes de 10 trajets entre 9 points disposés en 3 lignes de trois points (**voir figures 7 et 8**).

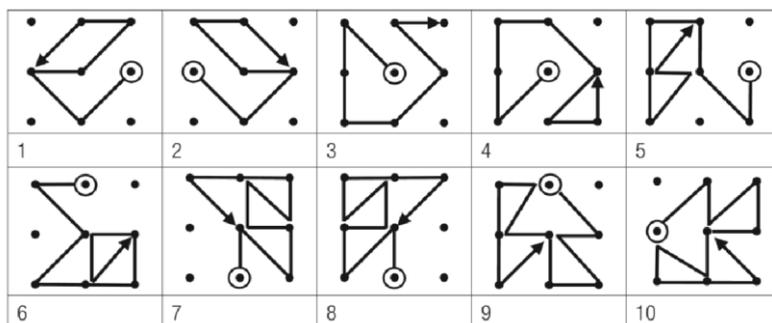
Sur le plan, la flèche noire indique le trajet à effectuer et le point entouré le point de départ.

Dans l'environnement réel, la zone de déplacement est matérialisée par 9 cercles de 7 cm posés au sol, espacés de 1 mètre les uns des autres.

Il faut expliquer à l'enfant que les trois points figurant en haut de son carton représentent les 3 cercles les plus éloignés de lui. Il doit pointer le point de départ et ensuite parcourir le trajet.

Ce test est original car il propose un déplacement du corps dans l'espace, alors que les épreuves existantes demandaient classiquement une reproduction constructive ou la lecture d'un plan. La nouveauté se retrouve également dans la transition entre deux types d'espace (feuille et environnement réel).





Figures 7 et 8 : série A et B des trajets au sol de Pradet, De Agostini et Zazzo (1982)

Il existe deux étalonnages et deux notations différentes pour ce test. La version originale de 1982 repose sur un échantillon de 24 enfants (12 filles et 12 garçons) âgés de 5 ans 6 mois à 7 ans 6 mois. Un complément d'étalonnage est réalisé en 1998 (De Agostini et Dellatolas) de 6 ans 6 mois à 11 ans 6 mois. L'échantillon est également assez faible.

Les résultats des étalonnages montrent bien le caractère développemental de l'épreuve : l'avancée en âge permet plus de réussites et moins d'erreurs. De plus, il est recommandé a posteriori de ne proposer que la série A pour les enfants entre 5 ans et 6 mois et 6 ans et 6 mois. Dès 7 ans, les 2 séries sont à administrer.

Dans l'étalonnage de 1982, une différence sexuelle est retrouvée, mais elle n'est pas systématique même si la tendance relevée va dans le sens d'une supériorité du groupe des filles. Dans l'étalonnage de 1998, la différence sexuelle n'est retrouvée que pour la série B au profit des garçons (Marquet-Doléac, 2018).

2. Le Walking Corsi Test (WalCT)

Le Walking Corsi Test (WalCT) a été créé par Piccardi et al en 2008. C'est une « version tapis » des blocs de Corsi : sur un tapis de 2,5 par 3 m, sont disposés 9 carrés de 30 cm de côté, dans le même agencement que les blocs. Les coordonnées des carrés du Walking Corsi Test sont à l'échelle 1:10 des coordonnées des cubes des Blocs de Corsi (Corsi, 1972).

Dans l'épreuve des blocs de Corsi, l'examineur pointe une série de cubes disposés sur une planche de bois. Cette série est appelé « empan ». Plus l'épreuve avance, plus l'empan (le nombre de cubes de la série) augmente. Après que l'examineur a pointé les cubes, c'est au sujet de pointer l'empan précédemment observé, et ce dans le même ordre. La notation correspond au plus grand empan réalisé (nombre de cubes maximal retenus).

Dans le WalCT, l'examineur effectue un trajet passant par les carrés du tapis. Le sujet, après observation de l'examineur, doit reproduire le même trajet. Dans cette optique, le WalCT possède un carré de départ à l'extérieur du tapis où l'examineur et le sujet commencent le trajet. Comme dans l'épreuve des blocs, la notation correspond au plus grand empan réussi (nombre de carrés retenus).

Dans cette première étude, le WalCT a été administré à une population d'étudiants ; ce test sera détaillé dans la partie pratique.

Par la suite, d'autres versions du WalCT (2008) ont été créées :

- Piccardi et coll (2014a) ont proposé une version agrandie du WalCT avec 18 carrés
- Perrochon et coll en 2014 ont créé le « tapis magique ». Ce tapis est identique à la première version du WalCT (9 carrés) à l'exception que celui de Perrochon et coll est électronique : ce n'est pas l'examineur qui montre le trajet à effectuer au sujet mais ce sont les carrés au sol qui s'allument les uns après les autres (d'où le nom de « tapis magique »).
- Nori et coll en 2015 ont créé la version agrandie du WalCT avec 18 carrés en réalité virtuelle (avatar sur ordinateur)
- Perrochon et coll, 2018 propose le WalCT en réalité virtuelle avec l'image du tapis projetée au sol. Le WalCT est décliné ici de deux façons :
 - l'image projetée correspond à la première version du WalCT avec 9 carrés
 - l'image projetée correspond à un salon avec 9 objets propres à cette pièce (canapé, table, bureau, étagère...)

La passation du WalCT de 2008 a également été adaptée :

- Piccardi et coll en 2011 proposent la passation du test à l'aide d'une carte
- Piccardi et coll en 2013 proposent l'utilisation d'une carte mais également des conditions de rappel immédiat et de rappel différé du trajet
- Piccardi et coll (2014a) ne donnent pas la même consigne à deux groupes : l'un doit donner la localisation des carrés du trajet, l'autre doit restituer le trajet. Dans cette étude, des conditions de rappels immédiats et différés ont également été proposés.

E) Évaluation de la qualité des stratégies dans le WalCT et les blocs de Corsi – Perrochon et coll (2014)

Dans l'étude de Perrochon et coll (2014), les chercheurs ont évalué les efficacités cognitives de la mémoire visuo-spatiale selon trois groupes de participants : un groupe de jeunes adultes, un groupe de personnes âgées en bonne santé, et un groupe de personnes âgées diagnostiquées d'un Trouble Cognitif Léger (TCL). Il leur a été administré une version électronique du WalCT « le tapis

magique » (voir ci-dessus), une version électronique des blocs de Corsi fonctionnant sur le même principe et enfin, une échelle d'évaluation des stratégies de mémoire de travail visuospatiale qu'ils ont créée. L'examineur utilisait l'échelle pour évaluer les sujets sur chaque test : les blocs de Corsi et le « tapis magique ».

L'échelle créée est graduée, la notation va de l'utilisation de la stratégie la plus appropriée à la moins appropriée (note de 1 à 5) selon les critères de la **figure 9**.

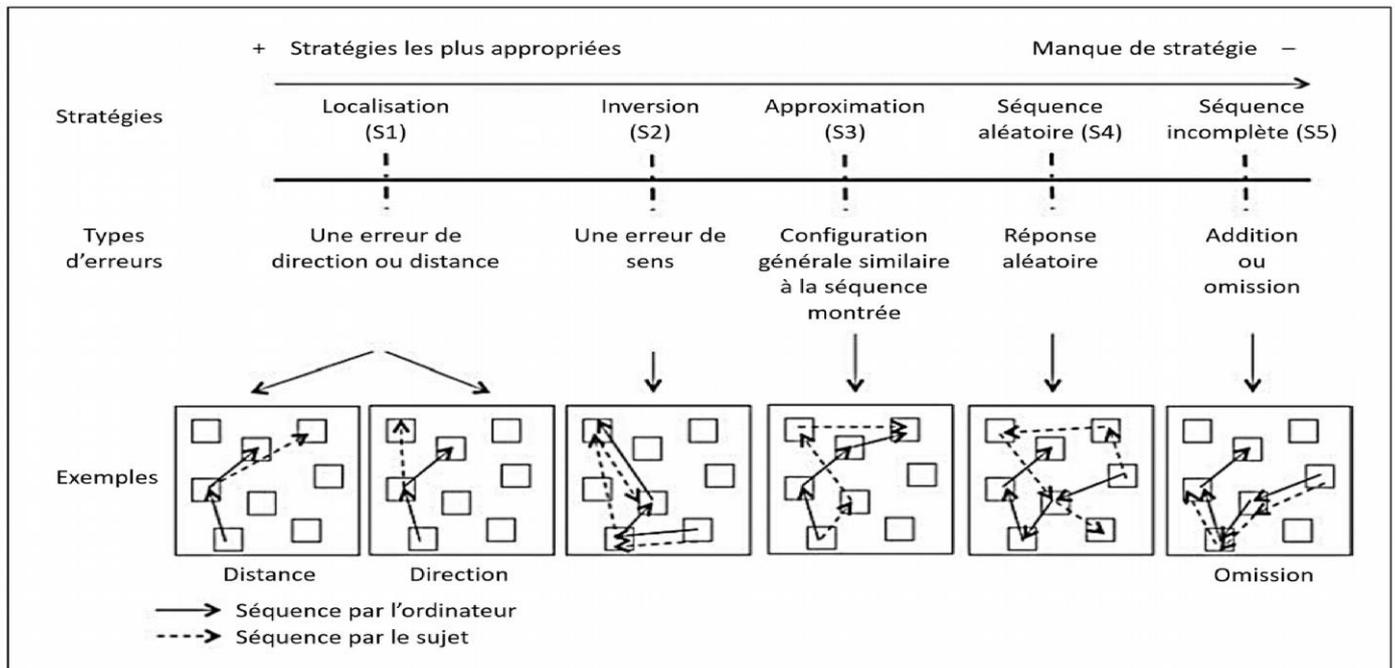


Figure 9 : L'évaluation de la qualité des stratégies de navigation de Perrochon et coll (2014)

Cette échelle a permis de distinguer des différences au sein des deux groupes de personnes âgées. En effet, leurs performances sur les deux tests étaient similaires. L'échelle d'évaluation des stratégies sur les blocs de Corsi ne montraient également pas de différences significatives entre ces deux groupes. Cependant, l'échelle d'évaluation des stratégies sur le « tapis magique » ont montré que les sujets atteints de TCL avaient des stratégies de moins bonne qualité par rapport aux personnes âgées en bonne santé. L'analyse des stratégies serait donc un moyen pertinent de différencier les personnes âgées atteintes d'un TCL de celles qui sont en bonne santé.

Dans cette étude, Perrochon et coll n'ont pas relevé de différences sexuelles/de genre. Pourtant, nous verrons dans la suite de ce mémoire qu'il semblerait exister des différences de stratégies de navigation entre les filles et les garçons. Nous pouvons supposer que cette échelle n'est pas sensible à ces différences.

Des étalonnages du Walking Corsi Test ont montré des différences sexuelles. Nous nous intéresserons dans la suite de ce mémoire aux différences sexuelles et/ou de genre dans la navigation, qui apparaissent dans certaines conditions expérimentales.

III- Dans quelles conditions de navigation spatiale existe-t-il des différences hommes/femmes ?

Dans la vie courante, nous apprenons et nous souvenons des relations spatiales de deux façons différentes : en nous déplaçant directement dans l'environnement (apprentissage primaire) ou indirectement en observant une carte (apprentissage secondaire) (Presson, DeLange, Hazelrigg, 1989). Quelle que soit la façon dont l'information spatiale est apprise, les femmes semblent être moins compétentes que les hommes pour s'orienter pendant la navigation (par exemple Halpern, 2000).

Cependant, il est important de préciser qu'il existe de très grandes différences interindividuelles de performance dans les tâches de navigation.

La performance de navigation semble influencée par quatre facteurs : l'âge, l'utilisation d'une stratégie plus ou moins appropriée, la flexibilité de cette stratégie et enfin le genre (Van der Ham et Claessen, 2017 ; Bouzon, 2018).

Dans cette partie, nous allons nous concentrer sur les différences filles/garçons dans la navigation. Nous débattons par la suite (grand IV), pour savoir si ces différences sont sexuelles ou de genre.

A) Différences hommes/femmes dans les tâches de navigation

1. Dans la littérature

En navigation dans des environnements réels, les hommes seraient meilleurs que les femmes (Coluccia et Louse, 2004).

La majorité des études portant sur la navigation spatiale dans des environnements réels tels que : dans un bois (Malinowski et Gillespie, 2001), dans un bâtiment (Sadalla et Montello, 1989; Lawton, 1996; Lawton, Charleston et Zieles, 1996), dans un labyrinthe (Schmitz, 1997), et dans un campus universitaire (Kirasic, Allen et Siegel, 1984; Montello et Pick, 1993; Saucier et al., 2002) ont montré que les hommes ont de meilleurs résultats que les femmes.

En navigation dans un environnement simulé/de réalité virtuelle, les hommes réussiraient mieux que les femmes (Coluccia et Louse, 2004).

Les différents environnements simulés qui ont été utilisés dans les recherches sont des simulations informatiques 3D (Moffat, Hampson et Hatzipantelis, 1998; Lawton et Morrin, 1999; Sandstrom, Kaufman et Huettel, 1998; Waller et al., 2001), des enregistrements vidéo (O'Laughlin & Brubaker, 1998) et des séquences de diapositives (Holding & Holding, 1989).

Cependant, il faut prendre en compte dans cette affirmation que les hommes ont une plus grande familiarité avec les simulations informatiques en 3D car ils passent en moyenne plus de temps à jouer aux jeux vidéos (Barnett et al, 1997).

Les hommes surpasseraient les femmes dans les capacités d'orientation (Coluccia et Louse, 2004).

L'orientation correspond au choix de la direction d'un déplacement réel ou imaginaire. La navigation est l'application de l'orientation associée avec un déplacement réel du sujet.

Les performances en orientation ont été mesurées de différentes manières : par l'apprentissage d'itinéraires (Schmitz, 1997; Saucier et al., 2002), par des tâches de recherche de points d'arrivée (Devlin et Bernstein, 1995; Moffat et al., 1998; Sandstrom et al., 1998; Coluccia & Martello, 2004), des tâches d'inversion d'itinéraire (Lawton et al., 1996) et une course d'orientation (Malinowski & Gillespie, 2001). Dans la plupart de ces études, les hommes surpassent les femmes.

Il semblerait que les hommes soient légèrement meilleurs en navigation à l'aide d'une carte (Coluccia et Louse, 2004)

Dans la majorité ces études de navigation à l'aide d'une carte (McGuinness et Sparks, 1983; Miller et Santoni, 1986; Ward, Newcombe et Overton, 1986; O'Laughlin et Brubaker, 1998; Galea et Kimura, 1993; Dabbs, Chang, & Strong, 1998; Brown et al., 1998; Coluccia & Martello, 2004), les hommes réussissent mieux que les femmes.

Cependant, le pourcentage d'études recensant des différences hommes/femmes dans ce domaine (42,11%) n'est que légèrement supérieur au nombre d'études dans lesquels des différences n'apparaissent pas (39,47%). De plus, dans 18,42% des cas, les femmes réussissent mieux que les hommes.

En conclusion, des différences hommes/femmes significatives ont été trouvées en navigation, dans des environnements réels et virtuels, et en orientation. Des différences moins marquées ont été trouvées dans la navigation à l'aide de cartes.

2. Dans le Walking Corsi Test

a) Pas de différences filles/garçons chez les 4-11 ans

L'étalonnage de Piccardi et coll (2014c) du WalCT chez 268 enfants tout venants de 4 à 11 ans ne montre pas de différences de performances entre les filles et les garçons. Il n'y a aucune différence de performance dans le WalCT et dans les blocs de Corsi dans cette tranche d'âge. L'âge semble être le facteur d'influence principal de la performance dans les deux tests : plus les participants sont âgés, plus les performances augmentent. Les trajectoires développementales de ces deux tests sont cependant différentes, laissant supposer que ceux-ci ne mesurent pas la même chose, comme l'avait déjà indiqué les premières études sur le WalCT. Les différences de ces mesures seront détaillées dans la suite de ce mémoire.

La deuxième étude de 2014 de Piccardi sur le WalCT (2014b), qui portait sur un plus petit échantillon d'enfants de 6 à 10 ans (129 participants), avait montré les mêmes résultats.

b) Des différences femmes/hommes chez les étudiants/adultes

Toutes les études du WalCT portant sur un échantillon étudiant ou adulte montrent des différences de performances entre les hommes et les femmes (Piccardi et coll, 2008, 2011, 2013, 2014a ; Nori et coll, 2015).

Tout d'abord, la première étude de Piccardi et coll en 2008 montre que sur un échantillon de 75 étudiants, les hommes ont des meilleures performances sur le WalCT et sur les blocs de Corsi que les femmes. De plus, les femmes retiennent en moyenne le même empan maximal aux blocs de Corsi et au WaCT alors que les hommes ont des scores supérieurs sur le WalCT par rapport à leurs scores sur les blocs de Corsi. En outre, les hommes ont été plus rapides que les femmes dans l'apprentissage d'un itinéraire sur le WalCT, mais une fois la séquence apprise, les performances étaient similaires chez les hommes et les femmes.

Puis, dans l'étude de Piccardi et coll en 2011, portant cette fois-ci sur 106 étudiants, les femmes ont été plus lentes à apprendre un trajet à partir d'une carte sur le WalCT et avaient besoin de plus répéter le trajet dans l'environnement réel pour l'apprendre. Les performances sont donc distinctes entre les femmes et les hommes dans le rappel immédiat d'un trajet préalablement appris. Mais, les différences ont disparu quand on a demandé de restituer le trajet après un certain laps de temps (« rappel différé ») : ce qui laisse penser que l'encodage en mémoire du trajet est de même qualité

chez les femmes et les hommes. Les auteurs ont observé que les différences dans les performances sont réduites lorsque les participants sont autorisés à prendre leur temps ou à répéter la tâche autant de fois que nécessaire.

Ensuite en 2013, Piccardi et coll, expérimentent le WalCT cette fois-ci sur 289 participants de 15 à 86 ans, avec en parallèle toujours la passation des blocs de Corsi. Ils ont également évalué l'apprentissage d'un itinéraire à l'aide d'une carte et le rappel différé d'un itinéraire appris sur les blocs de Corsi et le WalCT.

Comme pour l'étalonnage des 4-11 ans, les performances augmentent avec l'âge. Cependant, à 47 ans, la moyenne des performances des participants décroît.

Il existe comme les études précédentes des différences de performances entre les hommes et les femmes. Les hommes surpassent les femmes sur le WalCT, mais les performances sur les blocs de Corsi sont similaires (comme Farrell Pagulayan et coll, 2006 ; Nichelli et coll, 2001). Les hommes ont appris plus vite que les femmes un itinéraire sur les blocs, mais les temps moyens d'apprentissage sont égaux sur le WalCT.

De plus, ils ont remarqué que les différences sexuelles avaient disparu dans la tranche d'âge allant de 47 à 57 ans. Ils émettent deux hypothèses : l'échantillon est peut-être non représentatif, ou les changements hormonaux à cet âge (notamment ménopause) jouent un effet sur l'absence de différence. Or, cette dernière hypothèse semble peu probable car l'absence de différences hommes/femmes devrait se retrouver dans la tranche d'âge 57-86 ans. Nous verrons toutefois par la suite de ce mémoire que le rôle des hormones sexuelles dans les capacités de navigation a été évoqué.

En conclusion, les différences femmes/hommes sont retrouvées dans cette étude dans la mémoire à court terme (rappel immédiat) et dans l'apprentissage d'un trajet avec une carte.

Puis, Piccardi et coll (2014a) propose une version agrandie du WalCT (18 carrés), avec toujours la passation des blocs de Corsi en parallèle, à 50 étudiants. Les chercheurs ne donnent pas la même consigne à deux groupes : l'un doit donner la localisation des carrés du trajet, l'autre doit restituer le trajet, sur les deux tests. Il a été retrouvé qu'il était plus simple de retenir un trajet en se déplaçant sur le WalCT et de se souvenir de la localisation d'un carré sur les blocs de Corsi. Les femmes se sont souvenu des itinéraires en tenant en compte à la fois l'emplacement spatial et l'ordre séquentiel, alors que les hommes préféraient toujours se souvenir uniquement des emplacements spatiaux.

Dans cette étude, des conditions de rappels immédiats et différés ont été proposées. Comme les études précédentes, des différences hommes/femmes sont retrouvées principalement dans le WalCT, ici en rappel immédiat et différé d'un trajet appris.

Enfin, Nori et coll en 2015, propose un protocole expérimental du WalCT réel et en réalité virtuelle (version agrandie 18 carrés) auprès de 80 étudiants. Les résultats sur ces deux tests sont équivalents, ce qui offre une belle perspective d'avenir car le test en réalité virtuelle serait plus simple

d'utilisation pour les professionnels de santé. Les hommes surpassent les femmes dans les deux environnements.

c) L'adolescence à l'origine des différences de performance ?

L'absence de différences filles/garçons retrouvée chez les 4-11 ans (Piccardi et coll, 2014c), et les différences retrouvées chez les 15-86 ans (Piccardi et coll, 2013), laissent supposer que ces différences apparaissent à l'adolescence. Cela concorde avec les études de certains chercheurs qui font l'hypothèse que l'émergence des différences sexuelles et/ou de genre dans les capacités spatiales sont liées à la puberté (par exemple, Petersen, 1980; Waber, 1976). Nous tenterons d'expliquer l'origine de ces différences dans la partie IV de ce mémoire.

Comme nous l'avons vu, la navigation est une capacité complexe, formée de multiples souscomposantes. Pour mieux comprendre les différences hommes/femmes dans la navigation, il est important de s'intéresser aux différences hommes/femmes dans les capacités qui influencent la navigation.

B) Différences hommes/femmes dans les capacités qui sous-tendent ou influencent la navigation

1. Différences de performances

Dans la littérature scientifique sur la cognition spatiale, des différences filles/garçons ont été retrouvées dans différentes capacités qui sous-tendent la navigation.

Les hommes seraient plus performants dans les tâches de pointage de directions (Coluccia & Louse, 2004).

Les tâches de pointage sont des expérimentations où le participant doit pointer la direction qu'il emprunterait pour un hypothétique déplacement, ce qui correspond à l'orientation spatiale.

Dans la plupart des études (Kirsic et al., 1984; Sadalla & Montello, 1989; Holding & Holding, 1989; Galea & Kimura, 1993; Montello & Pick, 1993; Lawton, 1996; Lawton et al., 1996; Lawton & Morrin, 1999 ; Waller et al., 2001), les hommes obtiennent de meilleurs résultats que les femmes, à la fois en temps de résolution de la tâche et en précision de la réponse.

Les hommes auraient de meilleures capacités de rotation mentale et de manipulation d'images mentales (Linn et Petersen, 1985 ; Voyer, Voyer et Bryden, 1995 ; Vecchi, Girelli, 1998) ou utiliseraient une meilleure stratégie de rotation mentale (Hugdahl, Thomsen et Ersland, 2006)

La rotation mentale peut se définir comme la capacité à imaginer le mouvement d'un objet ou d'une forme dans un espace en deux ou trois dimensions. Au-delà du mouvement, c'est aussi imaginer quelle serait la topographie d'un objet en deux ou trois dimensions si on le fait tourner sur lui-même (Lawton, 2010).

En navigation, la rotation mentale est utilisée dans la mise à jour de son emplacement dans l'environnement (Brockmole et Wang, 2003). En effet, lors d'un itinéraire par exemple, nous nous rappelons de nos changements de direction passés par rotation mentale de nos représentations spatiales. La rotation mentale est essentielle dans la construction et la maîtrise des cartes cognitives et leur traduction en itinéraire.

Les femmes seraient meilleures dans le traitement d'un espace catégorisé ou placé dans un contexte significatif (par exemple, Alexander, Packard et Peterson, 2002)

Les femmes et les hommes traitent visuellement l'espace de manière différente. Les femmes auraient tendance à accorder plus d'attention aux caractéristiques locales d'un environnement, ce qui leur confère un avantage quand l'environnement possède beaucoup de repères. De plus, elles donneraient un sens aux repères et à l'espace associé pour une meilleure mémorisation. Les hommes, quant à eux, traiteraient l'espace de manière plus globale, en étant particulièrement conscients des itinéraires et des liens entre les différents lieux. Ils s'attacheraient moins aux repères et à leurs sens (McGuinness et Sparks, 1983). Grâce à cette attention particulière sur les repères, il a été retrouvé, dans certaines études, que les femmes surpassaient les hommes dans les tâches de dessins de cartes (Coluccia et Louse, 2004).

Nous voyons ici que les femmes et les hommes ne portent pas leur attention sur les mêmes éléments de l'environnement et nous supposons que cela a un impact sur la navigation. En s'appuyant sur différents éléments de l'espace, les hommes et les femmes ne semblent pas utiliser les mêmes stratégies de navigation. Ces différences de stratégies seront explicitées par la suite.

Les hommes sont plus confiants en leurs propres capacités que les femmes dans les tâches de navigation (Coluccia & Louse, 2004).

D'après les questionnaires d'auto-évaluation des compétences de navigation (Lawton, 1994, 1996; Lawton et al., 1996; Schmitz, 1997; Pazzaglia et al., 2000), un schéma homogène se dégage des résultats : les hommes montrent une plus grande confiance en leurs propres capacités que les femmes. Au contraire, les femmes rapportent un niveau d'anxiété spatiale plus élevé que les hommes, lié à la peur de se perdre.

2. Différents systèmes de mémoire impliqués, à l'avantage des garçons

Tout d'abord, nous partons du constat suivant : il existe des différences de performance chez les filles et les garçons concernant la mémoire de travail visuo-spatiale.

Les hommes auraient de meilleures capacités de mémoire de travail visuo-spatiale (Grossi, Orsini, Monetti, & De Michele, 1979 ; Grossi, Materese, & Orsini, 1980).

Il y a différents types de mémoire dont la mémoire visuo-spatiale. Cette dernière est divisée en deux sous composantes :

- la mémoire à long-terme visuo-spatiale : elle permet l'enregistrement à long-terme de diverses informations spatiales comme par exemple des itinéraires et des cartes cognitives,
- la mémoire de travail visuo-spatiale (ou calepin visuo-spatial) : elle permet une rétention à court terme d'une information spatiale et sa manipulation. Elle peut intervenir notamment dans des activités de rotation, dans l'exploration ou dans le parcours d'un nouvel itinéraire (Bouzon, 2018).

Cette mémoire de travail visuo-spatiale serait elle-même divisée en deux sous-composantes :

- la mémoire de travail visuo-spatiale liée aux actions dans l'espace de manipulation
- la mémoire de travail visuo-spatiale liée aux actions dans l'espace de navigation (mémoire topographique)

En effet, dans les différentes études portant sur le Walking Corsi Test (Piccardi et coll, 2008, 2011, 2013, 2014 ; Nori et coll, 2015 ; Perrochon et coll, 2014, 2018), les auteurs rapportent des différences de résultats entre les blocs de Corsi (Corsi, 1972) et les versions du WalCT, laissant supposer que ces deux tests mesurent des mémoires de travail visuo-spatiales différentes.

Cela est cohérent avec les diverses études menées sur des pathologies d'ordre spatial. Les patients souffrant de trouble de la mémoire visuo-spatiale dans l'espace de manipulation décrit par Bohbot et Corkin (2007) n'impliquent pas un trouble de la mémoire topographique, c'est-à-dire suivre un itinéraire (Maguire et coll, 1996). A l'inverse, des études démontrent la sélectivité des déficits de mémoire chez les patients atteints de Désorientation Topographique Développementale (Bianchini et coll, 2010; Iaria et coll, 2009) qui échouent sur le WalCT mais pas sur les blocs de Corsi (Piccardi et coll, 2010, 2011). De plus, la mémoire topographique semble être altérée dans les premiers stades de la maladie d'Alzheimer et non la mémoire de travail visuo-spatiale de l'espace de manipulation (Bianchini et coll, 2011 ; Perrochon et coll, 2014).

Un argument de plus dans la distinction de ces mémoires est que les chercheurs ont trouvé plus de différences hommes/femmes dans le WalCT que dans les blocs de Corsi. Les différences hommes/femmes sont quasi systématiques chez des populations adultes sur le WalCT, tandis qu'elles sont moins présentes dans les études portant sur les blocs de Corsi. Ces dernières seraient dues à la manière d'énoncer les consignes, ce qui induirait des différences de genre (Berch, Krikorian et Huha, 1998).

Au vu des différences significatives entre les femmes et les hommes trouvées dans le WalCT et leur absence sur les blocs de Corsi, il semblerait que l'affirmation ci-dessus sur les différences hommes/femmes en termes de mémoire de travail visuo-spatiale concerne donc davantage la mémoire de travail visuo-spatiale liée à l'espace de navigation.

Coluccia et Louse (2004) soutiennent que ces différences apparaissent quand les exigences cognitives des tâches spatiales sont élevées, plus précisément quand la mémoire de travail visuospatiale est surchargée. D'autres chercheurs (Cattaneo, Postma, Vecchi, 2006 ; Cornoldi, Vecchi, 2003) ajoutent que le désavantage féminin n'apparaît que lorsque la tâche de mémoire de travail visuo-spatiale implique une surcharge de composants dits « actifs ». En effet, ces chercheurs soutiennent la présence de composantes actives et passives dans les tâches de mémoire (Postma, Izendoorn, 1998 ; Cattaneo, Postma, Vecchi, 2006). Ils distinguent le stockage passif d'informations (composantes passives) et traitement actif de l'information stockée (composantes actives).

Les hypothèses de ces différents chercheurs sont cohérentes avec les différences hommes/femmes dans les résultats du WalCT, puisque ce test nécessite une surcharge de composants actifs avec le traitement de beaucoup de changements de directions et la rotation mentale.

La raison de ces différences de performances serait parce que les hommes et les femmes utilisent deux systèmes de mémoires différents.

Selon Gron et coll (2000), les femmes et les hommes activent différentes régions du cerveau pendant la navigation. Ils ont constaté que les femmes pour chercher un chemin activent les zones pariétales et préfrontales droites dépendantes du striatum tandis, que les hommes activent la région hippocampale gauche. Ces deux systèmes de mémoire fonctionnent différemment. Le système dépendant du striatum (privilegié par les femmes) permet le stockage de séquences d'informations comme les itinéraires (Iaria, Petrides, Dagher, Pike, Bohbot, 2003). Le système dépendant de l'hippocampe (privilegié par les hommes) permet des représentations flexibles de l'environnement et offre des réponses originales comme par exemple trouver un raccourci (Voermans et coll 2004, Hartley et Burgess, 2005).

Les différences hommes/femmes relevées jusqu'ici, avec notamment des systèmes de mémoire distincts, laissent supposer que les filles et les garçons développent des stratégies de navigation différentes.

C) Différences de stratégies hommes/femmes

1. Aspect développemental des stratégies de navigation

Les études de développement (cf. Siegel et White, 1975) soutiennent l'existence de différents types de représentations spatiales selon les âges. Ces études démontrent que durant l'enfance, les représentations spatiales des enfants passent d'un premier niveau, où ils ne peuvent se représenter que des repères isolés, à un deuxième niveau où ils peuvent se représenter l'itinéraire qui relie ces repères, à un troisième niveau lorsqu'ils sont capables de représentations plus complexes et de représentations de survol (Pazzaglia et De Beni, 2001 ; Piccardi et coll, 2014).

Au niveau des stratégies de navigation, les enfants et les personnes âgées utilisent en majorité des procédures dans un référentiel égocentrique, alors que les adultes utilisent davantage un référentiel allocentrique. Selon Wilkniss et al (1997), les difficultés en navigation des personnes âgées résulteraient d'erreurs d'orientation et ne concerneraient pas la prise de repère et la séquence temporelle de l'itinéraire (Soppelsa, 2018).

2. Les différences hommes/femmes

Certains auteurs affirment que les différences de performance entre les hommes et les femmes en navigation seraient dues au fait qu'ils utiliseraient des stratégies de navigation différentes. En effet, des différences de stratégie sont mises en valeur par les différents questionnaires d'auto-évaluation des stratégies (Lawton, 1994, 1996; O'Laughlin & Brubaker, 1998; Pazzaglia, Cornoldi et De Beni, 2000).

Tout d'abord, les femmes utiliseraient davantage la navigation grâce aux repères de l'environnement et le souvenir séquentiel d'itinéraire. Cette stratégie, dite « stratégie d'itinéraire », fait appel au langage et correspond à une suite d'auto-injonctions verbales.

Les hommes, quant à eux, s'appuieraient davantage sur les relations de distances entre les différents lieux, les propriétés métriques de l'environnement, la configuration générale de l'environnement (Saucier et coll, 2002). Cette stratégie est dite « stratégie de survol ».

Les femmes se représenteraient donc plus l'espace dans un référentiel égocentrique, tandis que les hommes plus dans un référentiel allocentrique (Lawton, 1994, 1996).

Cependant, selon Sandstrom et al (1998), les hommes ont plus de flexibilité à changer de stratégies et sont aussi performants que les femmes en stratégies d'itinéraires. Les femmes, quant à elles, sont moins performantes en stratégies de survol.

En navigation, les deux stratégies sont plus ou moins utiles en fonction de la situation et de l'environnement (Saucier et coll, 2002). Les différences hommes/femmes apparaissent dans des tâches spatiales particulières, où une des stratégies est nettement plus efficace et lorsque les instructions de l'expérimentation laissent les participants libres de choisir leur propre stratégie. Les instructions dans les expériences et tests ont donc un rôle prépondérant dans la génération de différences sexuelles/de genre.

Ces différences de stratégies concordent avec le fait que les hommes surpassent les femmes en navigation dans un environnement réel ou virtuel à l'aide d'une carte (représentation de survol) (par exemple, Saucier et coll, 2002). Pour rappel, Coluccia et Louse (2004) émettent l'hypothèse que les différences hommes/femmes pourraient être attribuées à la surcharge de la mémoire de travail visuo-spatial chez les femmes. Cette surcharge de mémoire de travail visuo-spatial se retrouve particulièrement dans l'apprentissage d'itinéraire à partir d'une carte, car les femmes auraient tendance à convertir la représentation allocentrique de la carte en une représentation égocentrique, qu'elles préfèrent, pour naviguer. Montello et al (1999) constate qu'en effet, il n'y a pas de différences hommes/femmes dans les tests de connaissances dérivées des cartes, mais que ces différences relevaient de leur utilisation en navigation. Les hommes n'ont quant à eux pas à faire cette conversion.

De plus, la préférence des hommes pour les stratégies allocentriques expliquerait le fait que les hommes réussissent mieux que les femmes dans les tâches de configuration (pointage, estimation de distance) (Lawton, 1994).

IV- Différences sexuelles ou de genre ?

A) Définitions

Les études de genre vont chercher à distinguer ce qui est dû au sexe de ce qui est dû au genre - mais il reste difficile de distinguer les deux.

Le plus souvent, le sexe se définit comme l'ensemble des données physiologiques, biologiques et anatomiques qui font de la personne un individu mâle, femelle ou intersexué. Il peut être défini au niveau chromosomique ou par les caractères sexuels, primaires ou secondaires.

Le genre a été défini pour la première fois par Oakley en 1972 comme « le sexe social ». Le genre renvoie ainsi aux données culturelles qui vont accompagner l'appartenance à un sexe, de part un ensemble de rôles, de représentations, d'attentes.

C'est un statut social (Fine, 2017) qui est acquis tout au long de la vie et accompagne le développement socio-psychologique (Bouzon, 2018).

B) Différences sexuelles dans la navigation – théories biologiques

1. Causes hormonales

Des chercheurs ont trouvé des différences de performance entre des rats mâles et femelles dans des tâches d'apprentissage de labyrinthe (Foreman, 1985; Margueles et Gallistel, 1988; Williams, Barnett et Meck, 1990). Des explications biologiques ont été proposées. Elles s'appuient sur l'hypothèse que les hormones sexuelles influencent le développement cognitif. En effet, la manipulation hormonale affecte non seulement le comportement sexuel mais aussi certains aspects de la cognition, en particulier la mémoire spatiale (Williams et al., 1990).

Dawson, Cheung et Lau (1975), par exemple, signalent que l'administration de testostérone à des rats femelles pendant la période prénatale améliore leur performance d'apprentissage du labyrinthe. D'autre part, la castration à la naissance des rats mâles altère la précision du choix de la bonne direction dans un labyrinthe.

De plus, plusieurs études (Suzuki, Augerinos et Black, 1980; Foreman, 1985; Margueles et Gallistel, 1988) ont montré que les rats mâles, lorsqu'ils circulent dans un labyrinthe, ignorent généralement les points de repère et montrent un comportement de navigation basé sur un référentiel allocentrique (par exemple la forme de la pièce ou la relation métrique entre le mur long et le mur court de la pièce contenant le labyrinthe). Les repères utilisés par les mâles sont dits « extra-labyrinthiques », ce sont des indices géométriques ou configurationnels (par exemple, le labyrinthe est enfermé dans une pièce aux contours circulaires ou rectangulaires).

Williams et al. (1990) ont fait le même constat dans des expériences où les rats mâles sont invités à apprendre un labyrinthe. Leurs performances sont altérées si la géométrie de la pièce change, mais elles ne sont pas affectées si les repères sont modifiés. D'autre part, les performances

des rats femelles sont égales dans les deux conditions et sont significativement inférieures à la performance des rats mâles.

Cependant, il n'est pas clair dans quelle mesure les différences sexuelles présentes chez les rats peuvent être étendues aux humains. Il semble probable que, chez l'Homme, les facteurs biologiques interagissent avec des facteurs environnementaux.

Kimura et Hampson (1994) ont constaté des différences de performances cognitives chez les hommes et les femmes en fonction de leurs cycles hormonaux respectifs.

Chez les femmes, ils ont observé deux phénomènes. Premièrement, dans certaines tâches de fluidité verbale, elles améliorent leurs performances jusqu'à 10%, juste pendant les périodes de forte concentration d'œstrogène (environ 5 à 10 jours avant les règles). Deuxièmement, dans les tests de capacité spatiale, les femmes réussissent bien lorsque les niveaux d'hormones sont faibles (lorsque le cycle menstruel commence).

Chez les hommes, les performances dans les tâches spatiales semblent fluctuer au cours de la journée, conformément aux variations naturelles des taux de testostérone : lorsque le taux est élevé, la performance augmente et, lorsque le taux est faible, les performances diminuent (Moffat et Hampson, 1996).

En outre, il a été constaté que l'administration d'androgènes aux femmes pouvait réduire considérablement leurs capacités verbales et améliorer leurs performances spatiales, tandis que la privation d'androgènes a des effets opposés sur les hommes (Van Goozen, Cohen-Kettenis, Gooren, Frijda, & Van De Poll, 1995) (Coluccia et Louse, 2004).

Enfin, Driscoll et ses collègues (Driscoll, Hamilton et coll, 2005) ont constaté que les femmes ménopausées ont obtenu de meilleurs résultats que les hommes en résolvant une tâche de rotation mentale, expliquant ce résultat inattendu en suggérant un rôle dû aux changements hormonaux.

2. Causes cérébrales

Selon Annett (1992), les différences de capacités langagières et spatiales chez les hommes et les femmes seraient dues à des « schémas cérébraux » différents.

Chez les femmes, l'hémisphère gauche serait dominant sur l'hémisphère droit, et se développerait davantage. Chez les hommes, il n'y aurait qu'une faible latéralisation hémisphérique. L'hémisphère gauche étant impliqué dans le langage, les femmes développeraient davantage de capacités dans ce domaine que les hommes. Cependant, le développement du langage a une influence négative sur le développement des capacités spatiales. En effet, en raison de cet avantage précoce de l'hémisphère gauche, les femmes préfèrent spontanément des stratégies verbales pour

résoudre les problèmes qu'elles rencontrent. Or, les stratégies verbales ne sont pas toujours les plus efficaces dans la cognition spatiale et la navigation (prise de repères, itinéraires vs survol). Les femmes sont donc plus à risque de faibles capacités spatiales par rapport aux hommes.

En conclusion, tous les résultats discutés précédemment sont en faveur de la présence de facteurs biologiques (taux hormonaux et schéma cérébral) dans les différences de performances de navigation entre les hommes et les femmes. Néanmoins, il existe des facteurs environnementaux (société, culture, etc.) qui peuvent fortement modifier les différences entre hommes et femmes (Coluccia et Louse, 2004).

C) Différences de genre dans la navigation – facteurs environnementaux

1. Activités et jouets genrés

Gaulin et Hoffman (1988) concluent dans leur revue que les différences sexuelles, biologiques, dans les capacités spatiales sont fortement modulées par l'expérience et l'apprentissage. En effet, une méta-analyse de Baenninger et Newcombe (1989) révèle que plus nous participons à des activités spatiales élevées, plus nous améliorons nos performances spatiales.

Or, les femmes et les hommes ne consacrent pas le même temps aux activités spatiales.

Habituellement, les hommes ont plus d'expérience dans les activités qui améliorent le développement des compétences spatiales (Lawton et Morrin, 1999).

En effet, depuis la petite enfance, les hommes jouent davantage à des jeux avec des composantes spatiales élevées, comme les jeux d'exploration, les sports d'équipe, la construction LEGO (Goldberg & Lewis, 1969; Baenninger & Newcombe, 1989) et les jeux vidéo (Barnett et al., 1997). Ils semblent être exposés à une « expérience spatiale » plus élevée que les femmes (Coluccia et Louse, 2004). En outre, l'observation de catalogues de magasins de jouets montre que les jouets « pour filles » proposent des activités d'intérieur, de soin de l'autre et de soi et de créativité. Pour les garçons, les jouets sont plus orientés vers l'extérieur, la construction, le combat (Zegaï, 2010) (Dumesnil, Chateignier et Chekroun, 2016).

De plus, les garçons sont autorisés plus souvent que les filles à explorer de nouveaux environnements (Webley, 1981) (Coluccia et Louse, 2004).



Figure 10 : photographies de Gabriele Galimberti issues de son projet « Toy Stories »

(<http://www.gabrielegalimberti.com/toy-stories/>)

Pourquoi ces différences de genre dans le choix des jouets et activités ? On peut supposer que ces choix répondent aux stéréotypes de genre de la société.

2. La menace du stéréotype

Un stéréotype correspond à des croyances partagées concernant les caractéristiques personnelles, les traits de personnalité, les comportements, d'un groupe de personnes (Leyens, Yzerbyt, & Schadron, 1996). La majorité des stéréotypes est largement connue et partagée par les individus d'une même société, y compris par ceux qui en sont la cible, ou par ceux qui ne leurs accordent pas une valeur de vérité (Klein, 2004).

Quels sont les impacts des stéréotypes sur la performance des membres cibles de ceux-ci ?

Il a été montré que les stéréotypes affectent nos comportements et amènent les personnes membres de groupes stéréotypés à adopter des conduites qui viendraient confirmer les croyances liées aux stéréotypes (Snyder & Stukas, 1999). Si le stéréotype est positif, il peut influencer le comportement de manière positive mais les stéréotypes négatifs peuvent avoir des effets délétères sur le comportement d'un individu.

La menace du stéréotype est définie comme « la pression que rencontre un individu lorsqu'il se trouve en situation de risquer de confirmer un stéréotype négatif pertinent pour le soi » (Steele,

1997). Dans une situation où un stéréotype représente un critère saillant d'évaluation de la performance, un individu stigmatisé va craindre de voir sa performance conférer une valeur de vérité au stéréotype dont il est la cible. La menace du stéréotype est un mécanisme qui va rendre les différences supposées par ses croyances effectives, et contribuer ainsi, dans un cercle vicieux, à la perpétuation, voire à l'accentuation des stéréotypes et de la stigmatisation de certains groupes sociaux.

Par exemple, Steele et Aronson (1995) ont administré un test verbal à deux groupes d'étudiants américains. On a présenté le test à un groupe comme un test mesurant les capacités intellectuelles (condition « diagnostique »), et à l'autre groupe il a été présenté comme une simple tâche de résolution de problème (condition « non diagnostique »). Les résultats obtenus montrent que les étudiants afro-américains placés en condition diagnostique voient leurs performances diminuer comparativement aux autres étudiants (les étudiants à la peau blanche en conditions diagnostiques et les étudiants à la peau noires et blanches, en condition non diagnostique). Cette expérience montre l'impact de la stigmatisation de la population noire américaine, cible d'un stéréotype d'infériorité intellectuelle, sur les performances de ses membres.

Les femmes sont également une population stigmatisée comme le montre les résultats d'études sur la menace du stéréotype dans divers domaines. La menace du stéréotype aurait un effet délétère sur la performance des femmes en mathématiques (Spencer, Steele, & Quinn, 1999), en conduite automobile (Chateignier, Chekroun, Nugier, et Dutrévis, 2011 ; Yeung et Von Hippel, 2008), en sport (Chalabaev et Sarazin, 2009), ou aux jeux vidéo (Kaye et Pennington, 2016), mais aussi sur leurs compétences de négociation managériale (Kray, Thompson et Galinsky, 2001).

Dans le domaine spatial, des menaces de stéréotypes de genre ont été mises en évidence en rotation mentale (McGlone et Aronson, 2006). En effet, le simple fait de devoir indiquer leur sexe avant de réaliser la tâche, en dehors de toute consigne diagnostique comparable à celles de Steele et Aronson (1995), entraînait une chute de performance chez les femmes devant réaliser le Vandenberg Mental Rotation Test (Vandenberg, 1971). A l'inverse, chez les participants de sexe masculin, l'activation de l'identité de genre permettait une amélioration de leurs performances par rapport à une condition contrôle. Il semble donc exister un stéréotype féminin négatif qui dessert leurs performances mais il semble aussi exister un stéréotype masculin positif qui renforcerait les performances des hommes dans ce domaine.

Des menaces de stéréotypes de genre ont également été retrouvées en orientation (Dumesnil, Chateignier et Chekroun, 2016). On dit souvent aux femmes « qu'elles n'ont pas le sens de l'orientation », comme l'expliquent les articles de magazines féminins ci-dessous. Bien que les femmes

soient biologiquement plus à risque de faibles capacités spatiales, on ne peut pas en faire une généralité car les différences inter-individuelles existent et sont importantes. La menace du stéréotype accentue les différences de genre mais peut également créer ces différences.

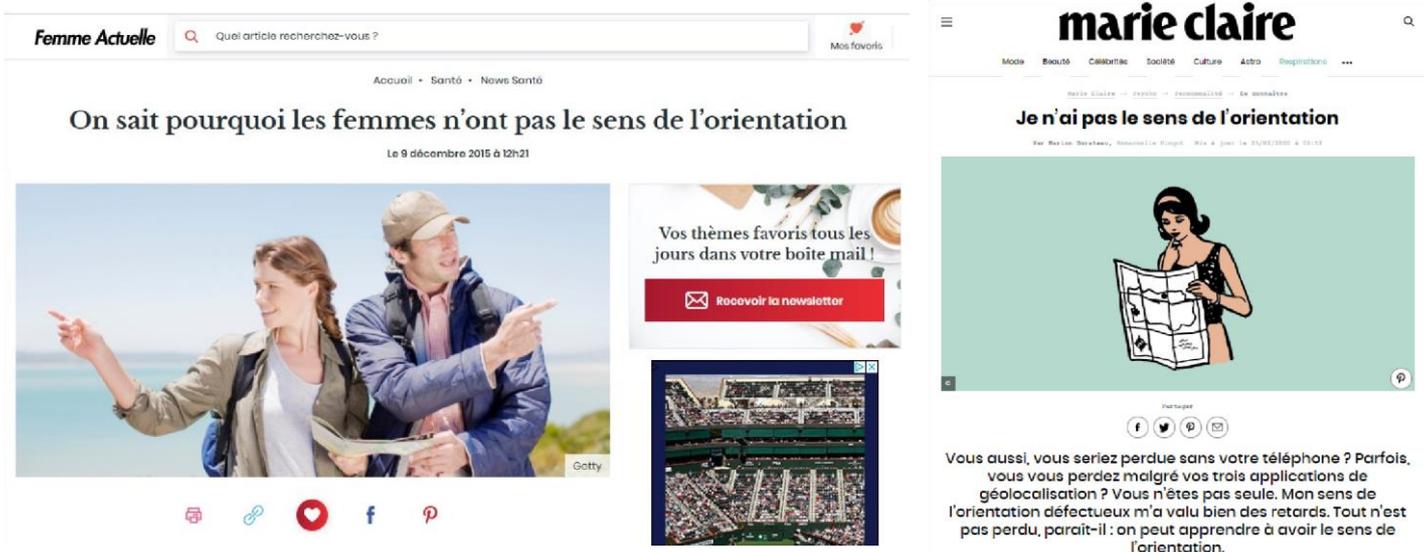


Figure 11 : articles internet des magazines féminins « Femme Actuelle » (2015) et « Marie Claire » (2020) véhiculant un stéréotype de genre sur l'orientation

(<https://www.femmeactuelle.fr/sante/news-sante/femmes-sens-orientation-2013586>,

<https://www.marieclaire.fr/peut-on-developper-son-sens-de-l-orientation,1253383.asp>)

L'expérience proposée par Dumesnil, Chateignier et Chekroun en 2016, étudiant la menace du stéréotype en navigation, est une tâche de labyrinthe inspiré des travaux classiques sur l'élaboration de cartes mentales ou cognitives de Tolman (1948). Les sujets se voient présenter le plan d'un labyrinthe et le trajet à suivre pour en sortir, puis, ils ont les yeux bandés et doivent parcourir tactilement le labyrinthe.

La performance ainsi mesurée porte, dans un premier temps, sur l'élaboration d'une carte mentale orientée vers un but (retrouver la sortie du labyrinthe), puis l'application de cette carte mentale à un déplacement bi-dimensionnel dénué de repères au moment de parcourir le labyrinthe (Wilson et McNaughton, 1993 ; Zhu, Wang et Wang, 2013). Les résultats ont montré que les performances les plus faibles étaient obtenues par les participantes pour lesquelles la tâche était présentée comme diagnostique de leurs capacités en orientation spatiale (par rapport aux femmes du groupe « non diagnostique » et aux hommes des deux groupes). Globalement, les femmes ont commis plus d'erreurs durant le parcours du labyrinthe et ont mis plus de temps à en atteindre la sortie.

De plus, les chercheurs observent que le groupe de femmes en condition diagnostique commettaient plus d'erreurs de type retour en arrière par rapport aux autres participants de l'étude. Il n'y a pas plus d'erreurs d'entrée dans les impasses, ce qui peut montrer qu'il y a bien de l'anxiété chez les femmes en condition diagnostique et donc menace de stéréotype.

L'anxiété a en effet été proposée comme un processus susceptible de sous-tendre les effets de la menace du stéréotype : en condition diagnostique, la crainte d'être évalué sur la base d'un stéréotype ferait émerger de l'anxiété chez les individus cibles (Blascovich, Spencer, Quinne et Steele, 2001 ; Bosson, Haymovitz et Pinel, 2004 ; Oswald et Harvey, 2001 ; Steele et Aronson, 1995 ; Stone, Lynch, Sjomeling et Darley, 1999). L'anxiété est associée à une tendance d'action dite d'évitement (Alexopoulos et Ric, 2007 ; Frijda, 1986 ; Frijda, Kuipers, et Ter Schure, 1989), évitement qui pourrait se manifester par les retours en arrière plus fréquents chez les femmes en condition diagnostique, comme dans l'expérience de Dumesnil, Chateignier et Chekroun (2016).

L'anxiété est sous-tendue par le fait que les stéréotypes négatifs impactent l'estime de soi (Crocker & Major, 1989) et le sentiment d'auto-efficacité se définissant comme « l'efficacité personnelle perçue, la croyance de l'individu en sa capacité d'organiser et d'exécuter la ligne de conduite requise pour produire des résultats souhaités » (Bandura, 2007).

Les stéréotypes influent donc négativement sur l'estime de soi et le sentiment d'auto-efficacité chez les femmes, ce qui provoque l'anxiété spatiale et, dans un cercle vicieux, impacte la motivation, le manque de persévérance, et augmente le vécu de l'échec (Bouzon, 2018).

A noter que l'anxiété peut être due uniquement à la menace du stéréotype, mais elle peut aussi être la cause des difficultés d'ordre biologiques rencontrées par les femmes.

Dans quelles conditions sommes-nous sensibles à la menace du stéréotype ? La littérature montre que l'identification au domaine évalué et l'importance de ce domaine pour le soi d'une part (Aronson et al, 1999) et l'adhésion au stéréotype d'autre part (Schmader, Johns, et Barquissau, 2004), favorisent la sensibilité aux effets de la menace du stéréotype. En conséquence, il est important d'informer les membres des groupes stigmatisés par les effets délétères des stéréotypes dont ils sont la cible pour réduire ces effets (Johns, Schmader, et Martens, 2005), d'où l'intérêt de la diffusion des connaissances scientifiques auprès de telles populations. La mise en avant d'un contexte social égalitaire a également été montrée comme un moyen de protéger les femmes contre les effets délétères des stéréotypes sur leurs performances (Bonnot et Croizet, 2011).

En conclusion, la socialisation et l'internalisation des rôles de genre (Nash, 1975 ; Sherman, 1967 ; Reilly et Neumann, 2013) amènent les individus à adopter des comportements, à s'adonner à des activités genrées, et à développer des aptitudes conformes aux stéréotypes de genre (Maccoby, 1990). Cela contribuerait à la détérioration à long-terme des performances des femmes

dans le domaine des aptitudes spatiales, dimension typiquement masculine (Connor et Serbin, 1977) et renforcerait ainsi les stéréotypes (Dumesnil, Chateignier et Chekroun, 2016).

De plus, nous avons vu les effets de la menace du stéréotype négatif chez les filles entraînant chez elles de l'anxiété mais il semble également exister au vu de l'expérience de McGlone et Aronson (2006) sur la rotation mentale, un stéréotype masculin, quant à lui positif, « les hommes sont doués dans les tâches spatiales » qui renforcerait leurs confiances en eux et leurs performances.

Il serait intéressant d'effectuer des tests de navigation dans des populations au sein desquels ces stéréotypes n'existent pas, et où les jouets et activités ne sont pas genrés.

D) Différences sexuelles et de genre – théories interactionnistes

L'approche interactionniste affirme que les différences entre les hommes et les femmes sont causées par une interaction continue entre les facteurs environnementaux (fondés sur l'expérience) et les facteurs biologiques (prédispositions naturelles).

Selon la théorie des rameaux courbés de Sherman (1978), la prédisposition innée à des capacités particulières influence nos choix d'activités. Par conséquent, les hommes, naturellement performants dans les activités spatiales, recherchent activement des expériences spatiales élevées et y passent beaucoup plus de temps que les femmes. Ces activités améliorent le développement des capacités spatiales, augmentant ainsi les différences initiales de performances entre les hommes et les femmes (Coluccia et Louse, 2004).

De plus, les difficultés rencontrées par les filles, qu'elles soient d'origine biologiques et/ou environnementales, sont majorées par l'anxiété qu'elles développent en conséquence.

Il semblerait que les femmes choisissent plus de stratégies d'itinéraire pour naviguer que de stratégies de survol, du fait que ces stratégies utilisent le langage, et qu'elles sont plus à l'aise avec ce dernier qu'avec les capacités spatiales non verbales. Mais, il est intéressant d'ajouter que la stratégie d'itinéraire est plus fréquemment associée à un niveau élevé d'anxiété spatiale (Lawton, 1994).

A l'inverse, les facilités rencontrées par les garçons qu'elles soient d'origine biologiques et/ou environnementales renforcent leurs confiance en eux et leurs performances.

Enfin, l'hypothèse que les différences hommes/femmes en navigation apparaissent à l'adolescence semble cohérente au vu du rôle des hormones durant cette période de la vie et du fait

que les stéréotypes de genre prennent une place importante dans la quête identitaire des adolescents.

CONCLUSION PARTIE THÉORIQUE

Nous avons étudié sur cette partie théorique les différences sexuelles et de genre en navigation spatiale. Celles-ci ont été mises en valeur par différentes expérimentations et tests. Parmi ces tests, nous avons évoqué le Walking Corsi Test développé par Piccardi et coll en 2008 et qui a été le sujet par la suite de nombreuses études. En plus de mettre en évidence des différences sexuelles et de genre, le WalCT a montré son efficacité dans le diagnostic précoce de la Désorientation Topographique Développementale (DTD) chez l'enfant et le diagnostic du Trouble Cognitif Léger (TCL) chez la personne âgée si il est associé à une échelle d'évaluation de la qualité de la stratégie employée comme nous l'avons vu. De plus, le WalCT peut également être utilisé pour évaluer les personnes ayant de graves déficiences motrices, comme l'a démontré De Nigris et coll. (2013) qui ont adapté le WalCT pour évaluer les déficits graves à la suite de lésions cérébrales acquises.

A notre connaissance, il n'existe pas de test équivalent en France et il serait particulièrement intéressant pour les psychomotriciens de bénéficier de cet outil pour les bilans psychomoteurs. En effet, les psychomotriciens pourraient précisément évaluer les compétences de navigation spatiale de leurs patients, en prenant en compte leur âge et éventuellement leur sexe.

Pour notre partie pratique, nous avons développé avec Leila Bonnin-Sebbag, une adaptation française du WalCT et avons effectué un pré-étalonnage de celui-ci sur une population d'enfant de 6 à 10 ans. Si notre pré-étalonnage ne montre pas de différences sexuelles et/ou de genre, alors celui-ci sera conforme à notre hypothèse que ces différences apparaissent à l'adolescence. De plus, l'étalonnage fini, il pourra servir aux psychomotriciens de test diagnostique des enfants souffrants d'une DTD mais aussi de test diagnostique de troubles de la navigation chez des patients souffrant d'autres pathologies. Il sera également utile pour déterminer la progression ou non des patients dans cette compétence.

En outre, il serait intéressant de développer cet outil en France avec un étalonnage chez les adolescents. Le WalCT serait intéressant pour diagnostiquer sur le tard les sujets souffrant d'une DTD ou d'un trouble de la navigation dans le cadre d'une autre pathologie, et pour évaluer la progression de ces derniers dans le temps. De plus, cet étalonnage nous permettrait de voir à quel âge il semblerait que les différences sexuelles/de genre apparaissent et déterminer ainsi plus précisément leurs causes.

Les psychomotriciens pourront adapter la prise en charge de la navigation spatiale en fonction du trouble de leurs patients mais aussi en fonction de leurs sexes/genre et de leurs potentielles préférences de stratégie associées. En effet, il est probable que les filles par rapport aux garçons aient besoin d'être davantage accompagnées dans l'utilisation de stratégies de survol et dans la lecture de plan. Puis, il est possible qu'elles aient besoin d'un plus grand travail sur l'anxiété générée par la tâche et sur la diminution des stratégies d'évitement. Enfin, il serait intéressant de discuter avec elles de leurs croyances par rapport aux stéréotypes de genre et d'explicitier que les filles/femmes peuvent tout à fait avoir le sens de l'orientation.

INTRODUCTION

Dans le cadre ce mémoire, nous avons étudié les nombreux travaux de Piccardi et al (Italie) sur le Walking Corsi Test. Notre protocole d'étalonnage est en effet inspiré de leur dernière étude – *The Walking Corsi Test (WalCT): A Normative Study of Topographical Working Memory in a Sample of 4- to 11-Year-Olds, 2014* – celle-ci étudiant la tranche d'âge qui nous intéresse (enfants de 6 à 10 ans) et comprenant le plus grand échantillon d'enfants.

Comme Piccardi et al (2014c), l'objectif clinique est la mise en place d'un outil pour une meilleure évaluation des capacités de navigation et ainsi permettre le diagnostic d'un trouble de la désorientation topographique développemental (Iara, Bogod, Fox, Barton 2009, Bianchini et al 2010,2013) et le dépistage des difficultés dans ce domaine dans le cadre d'une pathologie plus large. Pour à terme permettre le développement de programmes de réadaptation appropriés.

Cette étude a évalué les compétences aux tests Blocs de Corsi (1972) et WalCT (2008) de 268 enfants italiens de 4 à 11 ans et 1 mois (132 garçons et 136 filles). Bien qu'il existe de nombreuses similitudes dans nos études respectives, comme le choix d'utiliser les deux mêmes tests, il existe également un certain nombre de différences, que ce soit dans le protocole ou les résultats. Nous allons durant toute cette partie pratique vous détailler les différences et les similitudes entre notre étude et celle de Piccardi et al (2014c).

I- Comparaison de notre protocole expérimental avec celui de Piccardi et al (2014c)

A) Différences entre les tests utilisés

1. Les blocs de Corsi

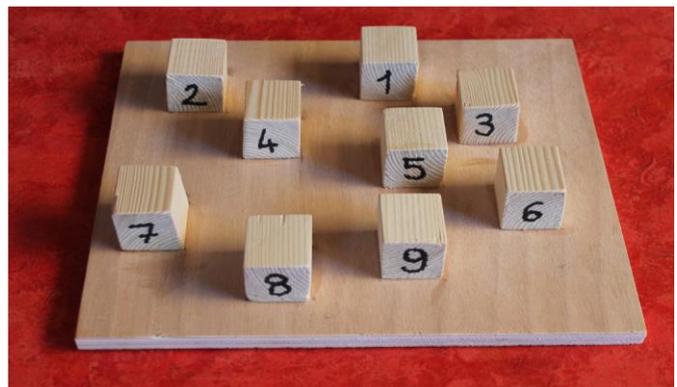
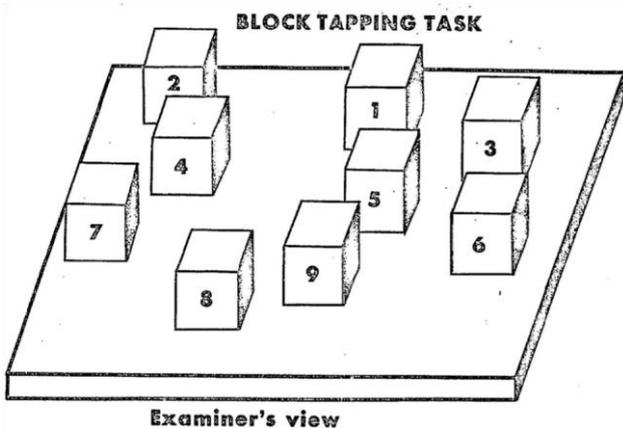


Figure 1 : Blocs de Corsi (Corsi, 1972)

Figure 2 : Blocs de Corsi (Fournier et Albaret, 2013)

Dans l'étude de Piccardi et al, l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972) est utilisée. Cette épreuve mesure la composante visuo-spatiale de la mémoire de travail mais fait appel à des processus cognitifs variés.

Dans cette version du test, le matériel est composé d'une plinthe en bois de 30 par 25 cm où sont disposés et collés 9 cubes ou « blocs » de 4,5 cm de côté. Les cubes sont numérotés, seulement sur une de leur face. Pour la passation de ce test, le sujet et l'examineur doivent s'installer de part et d'autre d'un bureau. L'examineur s'installe du côté où les chiffres sont visibles, le sujet en face (**figure 1**).

Durant la passation, l'examineur touche un certain nombre de cubes (une seconde par cube), et le sujet doit à son tour reproduire la séquence en touchant les cubes. Le nombre de cubes des séquences va augmenter au fil de l'épreuve. Dans cette version du test, il existe 5 essais à chaque niveau de difficulté. Le sujet doit réussir au moins trois séquences sur les cinq pour passer au niveau suivant, c'est-à-dire, à des séquences comportant un cube de plus à retenir. L'examineur évalue la plus longue séquence (en nombre de cubes) mémorisée.

En ce qui concerne l'étalonnage, ce dernier a été effectué auprès d'une population canadienne, en faible échantillon.

Pour notre étude, nous avons fait le choix d'utiliser un étalonnage des blocs de Corsi plus récent, effectué auprès de la population française, avec un fort échantillon d'enfants. Nous avons donc utilisé la version des blocs de Corsi de Fournier et Albaret datant de 2013 étalonnés auprès de 456 enfants scolarisés du CP à la 6ème.

Dans cette version du test, le matériel est légèrement différent de la version de Corsi (1972). La plinthe de bois est plus petite et mesure 20,5 par 25,5 cm. Les cubes ou blocs sont disposés de manière très similaires mais avec des coordonnées légèrement différents et mesure 3 cm de côté (**figure 2**).

En ce qui concerne la passation, la version de Fournier et Albaret diffère sur plusieurs points. Tout d'abord, l'épreuve se décline en deux parties. La première, comme dans la version de Corsi, le sujet doit reproduire la même séquence de cubes que l'examineur. Cette première partie du test est dite en « empan endroit ». Dans la seconde partie, inédite, le sujet doit reproduire la même séquence de cubes dans l'ordre inverse de l'examineur. C'est-à-dire que le sujet doit toucher le dernier cube touché par l'examineur et remonter jusqu'au premier. Cette seconde partie du test est dite en « empan envers ». Puis, dans cette version des blocs de Corsi, Fournier et Albaret ont fait le choix de mettre 2 essais par niveau seulement. La réussite à l'un des deux essais permet de passer au niveau suivant, soit d'augmenter le nombre de cubes des séquences.

EMPAN	ESSAI 1	ESSAI 2
2	8-5	6-4
3	4-7-2	8-1-5
4	3-4-1-7	6-1-5-8
5	5-2-1-8-6	4-2-7-3-1
6	3-9-2-4-8-7	3-7-8-2-9-4
7	5-9-1-7-4-2-8	5-7-9-2-8-4-6
8	5-8-1-9-2-6-4-7	5-9-3-6-7-2-4-3
9	5-3-8-7-1-2-4-6-9	4-2-6-8-1-7-9-3-5

Figure 3 : Empan endroit, Blocs de Corsi (Fournier et Albaret, 2013)

EMPAN	ESSAI 1	ESSAI 2
2	9-4	7-5
3	6-8-5	4-6-3
4	2-5-1-8	9-3-5-2
5	5-3-2-9-7	3-1-9-4-7
6	1-6-8-4-7-5	2-6-9-3-8-5
7	5-3-8-6-2-7-4	2-3-8-5-1-9-7
8	4-9-1-6-3-8-7-5	4-8-5-9-7-2-1-6
9	3-7-8-1-2-6-4-9-5	1-5-6-3-8-4-9-2-7

Figure 4 : Empan envers, Blocs de Corsi (Fournier et Albaret, 2013)

Dans le cadre de ce mémoire nous avons utilisé cette version des blocs de Corsi, en utilisant la même standardisation : le même matériel, les mêmes consignes. Nous avons cependant ajouté deux exemples pour chaque partie du test, pour plus de cohérence avec notre Walking Corsi Test qui, comme nous le voulions, possède également deux exemples pour chacune de ses parties (**cf feuille de notation en annexe 3**).

2. Le Walking Corsi Test



**Figure 5 : Le Walking Corsi Test
(Piccardi et al, 2008)**



**Figure 6 : Notre version du Walking
Corsi Test**

Le Walking Corsi Test (WalCT) a été créé par Piccardi et al en 2008. C'est une « version tapis » des blocs de Corsi : sur un tapis de 2,5 par 3 m, sont disposés 9 carrés de 30 cm de côté, dans le même agencement que les blocs. Les coordonnées des carrés du Walking Corsi Test sont à l'échelle 10:1 des coordonnées des cubes des Blocs de Corsi (Corsi, 1972). A noter que la mise à l'échelle n'est pas la même pour la taille des carrés (30 x 30 et non 45 x 45cm). Un « carré de départ » est ajouté au tapis du Walking Corsi Test, il est disposé à l'extérieur du tapis, au milieu d'un bord long (**Figure 5**).

Dans le Walking Corsi Test, à la différence des blocs de Corsi, l'examineur et le sujet se placent du même côté du matériel, au niveau du carré de départ, face au tapis. Ils sont placés, de cette manière, par équivalence, à la place de l'examineur dans les Blocs de Corsi (numéros visibles). Le sujet ne dispose donc pas de la même orientation du matériel dans ces deux tests.

Lors de la passation du Walking Corsi Test, l'examineur effectue un trajet en partant du point de départ et en reliant un certain nombre de carrés. Une fois son trajet effectué, l'enfant doit le reproduire dans le même ordre que l'examineur (empan endroit uniquement dans la version de Piccardi et al). Comme pour les blocs de Corsi de 1972, le sujet bénéficie de 5 essais par niveau et passe au niveau suivant grâce à 3 réussites. Il est évalué selon la séquence la plus longue (en nombre de carrés reliés) rappelée correctement.

Topographical Span: Tapping sequences; sequence lengths in brackets.			
(2)	8-5 6-4 4-3 3-9 2-7	(3)	7-4-1 8-6-1 9-5-8 3-6-9 2-1-8
(4)	9-3-1-5 4-5-8-9 7-5-1-2 6-9-4-8 1-4-8-5	(5)	1-5-4-7-8 8-5-4-3-1 9-5-7-4-1 2-3-6-5-9 4-1-8-9-5
(6)	2-3-6-5-8-9 9-6-1-2-4-5 2-3-1-5-9-8 3-1-4-9-5-6 5-1-4-7-8-6	(7)	5-4-7-9-6-3-1 4-5-6-8-7-2-1 3-1-8-9-5-4-2 7-8-9-4-1-5-3 9-8-4-2-1-3-5
(8)	8-6-5-3-1-4-7-2 7-4-5-9-3-6-8-1 9-8-4-1-6-5-2-7 3-1-2-4-5-6-9-8 6-5-9-7-4-1-2-3	(9)	2-3-6-7-4-8-1-9-5 8-9-5-3-2-7-4-6-1 3-9-8-6-4-1-2-7-5 1-5-9-8-7-4-2-3-6 7-4-2-5-3-9-6-8-1

Figure 7 : Séquences du Walking Corsi Test (Piccardi et al, 2008)

Nous avons, selon la même logique que Piccardi et al dans la fabrication de leur Walking Corsi Test, fabriqué un tapis à l'échelle 10:1 de notre version des Blocs de Corsi (Fournier et Albaret, 2013). 9 carrés de 30 cm de côté ont été placés, dans la même configuration que les cubes des blocs de Corsi, sur un tapis de 2,05 par 2,55 m. Le tapis est donc plus petit que le WalCT de Piccardi et al mais la taille des carrés est la même (**Figure 6**).

Un carré de départ est également présent, mais disposé cette fois-ci du côté équivalent à celui du sujet dans les Blocs de Corsi. Dans notre version du WalCT, le sujet dispose donc de la même orientation du matériel dans les blocs de Corsi et le WalCT. C'est donc la place de l'examineur qui change entre les deux tests. Par conséquent, les numéros correspondant à chaque carré sont différents de ceux des cubes des blocs de Corsi.

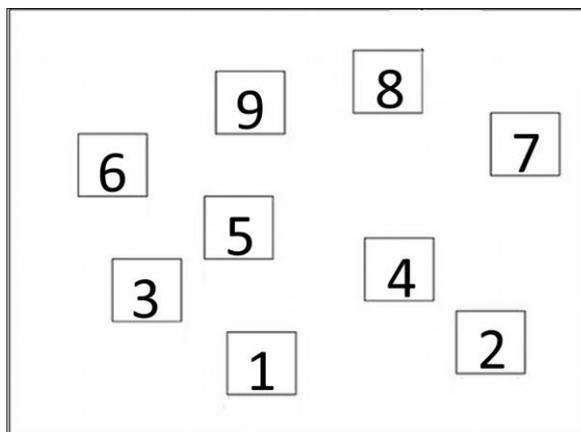


Figure 8 : aide visuelle dans la passation de notre version du WalCT

Pour la passation, nous avons repris les mêmes séquences de chiffres de l'empan endroit et envers des blocs de Corsi de Fournier et Albaret (2013). Nous nous sommes également inspirés de leur consignes pour notre WalCT. Par rapport à Piccardi et al, nous avons rajouté une deuxième partie au test : l'empan envers. Dans cette seconde partie, les enfants doivent effectuer le trajet précédemment montré en commençant par le dernier carré et en finissant par le premier. Enfin, nous avons ajoutés 2 exemples à l'empan endroit et envers, les mêmes que ceux rajoutés aux blocs de Corsi mentionnés précédemment (**cf feuille de notation, annexe 3**).

B) Ajout des échelles d'auto-évaluation

Nous avons rajouté par rapport au protocole de Piccardi et al (2014c), des échelles d'autoévaluation sur les deux tests. Avant chaque test, les enfants devaient placer un curseur sur une réglette selon leur croyance de performance, leur sentiment d'auto-efficacité dans cette tâche. Nous avons créé ces réglettes ainsi que les consignes associées (**cf consignes réglettes dans annexe 2**). Le curseur indique au dos de la réglette une mesure entre 0 et 10 cm (0 : rouge, très difficile/ 10 : vert, très facile), que nous reportons sur la feuille de notation (**cf annexe 3**).



Figure 9 et 10 : réglettes d'auto-évaluations recto verso

C) Différences de passation

Avec des tests différents, l'ajout d'une échelle d'évaluation, notre protocole expérimental et sa passation sont donc forcément différents que celui de Piccardi et coll (2014c). Mais au-delà de ces deux différences, la passation de nos protocoles respectifs ne s'est pas déroulé dans les mêmes conditions temporelles.

Dans l'étude de Piccardi et coll (2014c), l'ordre des deux tests a été alterné entre chaque enfant (Blocs de Corsi puis WalCT et vice-versa), et ils ont été passés séparément sur deux jours consécutifs.

Dans notre étude, nous avons également alterné l'ordre de passation des tests entre chaque enfant mais nous avons fait passer les tests à la suite et non sur deux jours consécutifs.

La description de la passation de notre protocole est disponible en annexe (**cf annexe 2**).

En ce qui concerne les similitudes de passation, les enfants des deux études ont été testés individuellement, avec le consentement des parents, dans une salle calme au sein de leur école primaire.

D) Échantillons différents

L'étude de Piccardi et al (2014c) comprend un échantillon de 268 enfants italiens composé de 132 garçons et 136 filles âgés de 4 à 11 ans. Ils n'avaient pas de difficultés scolaires signalées, pas de déficience visuelle ou auditive, pas de diagnostic de trouble neurologique, et n'étaient pas étrangers.

A la suite de l'interprétation des résultats, les enfants ont été divisés en 6 groupes d'âges :

- 37 enfants de 4 ans à 5,3 ans,
- 50 enfants de 5,4 ans à 5,9 ans,
- 50 enfants de 6 ans à 6,7 ans,
- 51 enfants de 6,8 ans à 7,9 ans,
- 42 enfants de 8 ans à 9,2 ans,
- 38 enfants de 9,3 ans à 11,1 ans.

Pour notre part, nous avons fait passer notre protocole expérimental à des enfants scolarisés du CP au CM2, dans deux écoles élémentaires toulousaines de manière individuelle, dans une salle au calme. Nous avons eu, au préalable, le consentement de leur(s) parent(s) (**cf fiche de consentement parents, annexe 4**)

Parmi les enfants ayant participé au protocole, nous n'avons pas pris en compte dans l'analyse des résultats les résultats :

- des enfants ayant sauté ou redoublé une classe,
- des enfants scolarisés en ULIS,
- des enfants avec un suivi psychomoteur ou ayant eu un suivi psychomoteur, Afin d'avoir un échantillon d'enfants dits « tout venants ».

Nous avons également exclus les 3 enfants en CM2 qui avait 11 ans car, comme nous avons analysé les résultats par tranche d'âge, ils n'étaient pas assez nombreux.

Notre étude comprend au final 110 enfants avec 54 garçons et 56 filles âgés de 6 à 10 ans. Comme il a été dit ci-dessus, nous avons analysé les résultats par tranche d'âge. Notre échantillon est donc composé de 5 groupes :

- 9 enfants de 6 ans 0 mois à 6 ans 11 mois,
- 9 enfants de 7 ans 0 mois à 7 ans 11 mois,
- 18 enfants de 8 ans 0 mois à 8 ans 11 mois,
- 36 enfants de 9 ans 0 mois à 9 ans 11 mois,
- 38 enfants de 10 ans 0 mois à 10 ans 11 mois.

Parmi ces enfants, 37 avaient une prise en charge en orthophonie. Nous avons comparé ce groupe au reste des enfants pour voir si les résultats étaient semblables ou si la prise en charge orthophonique des enfants a un impact sur la performance des enfants aux tests.

Sur les 110 participants, nous avons demandé à 88 d'entre eux leur latéralité. Parmi les 88 concernés, 82 sont droitiers et 6 sont gauchers. Nous avons comparé ces deux groupes afin de voir si leurs performances sont similaires ou si le fait d'être gaucher, ou droitier, a une influence sur la performance des enfants aux tests.

Lors de la demande d'autorisation, nous avons demandé aux parents leurs professions afin de déterminer la catégorie socio-professionnelle de la famille de chaque enfant. Pour cela, nous nous sommes basées sur les catégories standards de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) et sur leurs modes de calcul. Le niveau socio-professionnel a donc été déterminé par la profession du père, en cas d'absence de père, par la profession de la mère ou du responsable légal indiqué, et en cas de couple homosexuel par le parent avec le plus haut niveau socio-professionnel (selon les critères INSEE).

Ainsi, nous pouvons relever que notre population comporte moins d'ouvriers et d'agriculteurs exploitants, et beaucoup moins de personnes sans activité professionnelle que la population générale française de 2016 selon l'INSEE. De plus, elle comporte plus d'employés et de professions intermédiaires, et beaucoup plus de cadres ou professions intellectuelles supérieures et d'artisans, commerçants ou chefs d'entreprise. Enfin, le faible nombre de retraités s'explique par le fait qu'il s'agit ici de parents d'enfants en école primaire.

Comparaison de notre population avec la population générale selon la catégorie socio-professionnelle

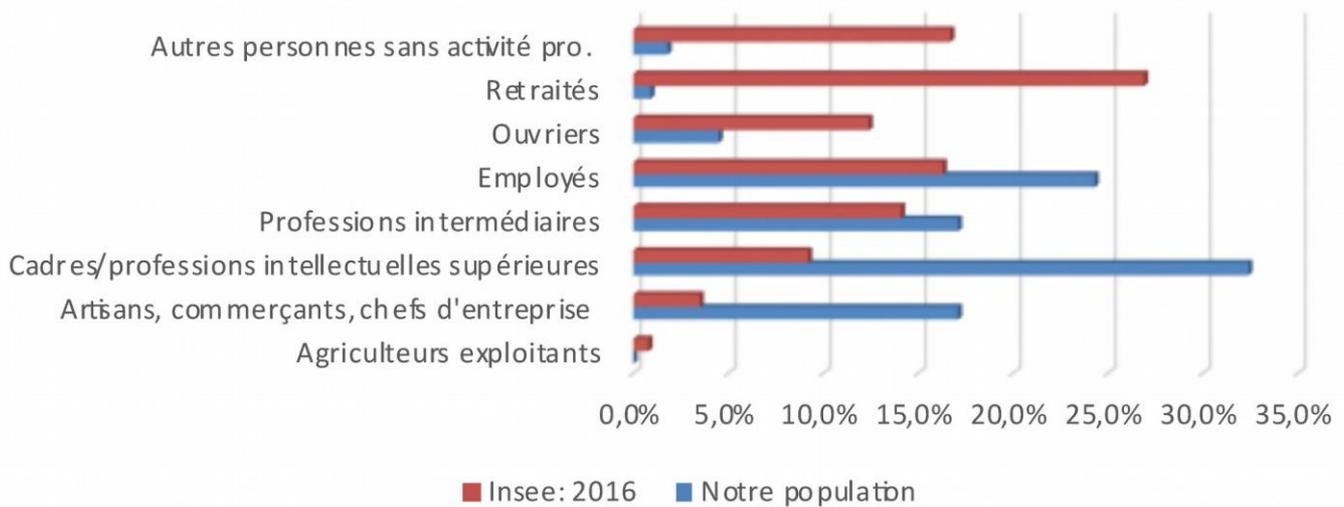


Figure 11 : Comparaison de notre échantillon à la population française selon l'INSEE en 2016

II- Etude de Piccardi et coll (2014c)

A) Hypothèses

Cette étude cherche à étudier les propriétés psychométriques du WaICT en s'intéressant aux corrélations entre les blocs de Corsi et le WaICT : ces deux tests mesurent-ils des mémoires de travail différentes ?

Des différences de mesures ont en effet été trouvées dans ces deux tests dans la population adultes (Piccardi et coll, 2008, 2011, 2013) et dans l'étude préliminaire de cette étude chez les 610 ans (Piccardi et coll, 2014b). En se basant sur les études précédentes et la littérature, Piccardi et coll établissent différentes hypothèses.

Premièrement, les performances des enfants aux deux tests augmenteraient avec l'âge. Les blocs de Corsi ont déjà montré leur caractère développemental sur cette tranche d'âge : plus les enfants grandissent plus leur performance sur ce test augmente (par exemple Fournier et Albaret, 2013) . Le Walking Corsi Test, quant à lui, n'a pas encore été étudié sur un grand échantillon de cette tranche d'âge et il est donc intéressant d'étudier la trajectoire développementale de ce test dans cette population.

Puis, ils émettent l'hypothèse que les deux tests ne mesurent pas la même capacité et que les enfants auront des meilleures performances au blocs de Corsi qu'au WalCT. Ils supposent que les enfants expérimentent et développent leurs capacités dans l'espace de manipulation avant d'expérimenter l'espace de navigation, conformément à leurs possibilités neuromotrices. C'est donc par rapport aux différences d'expériences dans les différents espaces qu'il y aurait des différences de performances entre les blocs de Corsi (espace de manipulation) et WalCT (espace de navigation).

Ensuite, Piccardi et coll s'intéressent aux différences filles/garçons qu'il pourrait avoir au sein de cette population. Le pré-étalonnage de cette étude chez les 6-10 ans (2014b) n'a pas montré de différences sexuelles dans les deux tests mais il faudrait le confirmer par une plus vaste étude avec un plus grand échantillon. Car, on a retrouvé des différences femmes/hommes chez les étudiants (Piccardi et coll, 2008, 2011, 2014a), et dans une population de 15 à 86 ans (Piccardi et coll, 2013) sur le WalCT mais pas sur les blocs de Corsi.

Enfin, si comme dans les études précédentes de Piccardi et coll, les résultats des blocs de Corsi et du WalCT sont différents et/ou s'il existe des différences sexuelles dans le WalCT et non dans les blocs de Corsi, alors cette étude confirmera un peu plus l'hypothèse que ces deux tests ne mesurent pas la même capacité et qu'il existe deux mémoire de travail visuo-spatiale différentes : l'une rattachée à l'espace de manipulation, l'autre à l'espace de navigation.

B) Résultats

Tout d'abord, l'étude montre que l'âge est significativement corrélé aux scores atteints dans les deux tests mais pas le sexe, il n'y a donc aucune différence sexuelle dans la capacité de mémoire de travail spatiale et topographique dans ces tranches d'âge. Les auteurs suggèrent, en s'appuyant sur l'étude du Walking Corsi Test auprès de jeunes adultes (2008), que les différences de sexe dans la mémoire de travail topographique apparaissent plus tard, et ils soulignent l'importance des facteurs hormonaux et sociaux dans la détermination des différences de performance entre les sexes.

Ensuite, les enfants au-dessus de 5,6 ans sont meilleurs aux Blocs de Corsi qu'au WalCT alors que le plus jeune groupe (4 à 5,6 ans) a des performances similaires entre les deux tests. L'étude montre qu'il n'y a pas d'effet de l'ordre d'administration mais qu'il y a une amélioration lente et constante des performances selon l'âge sur les blocs de Corsi et le WalCT.

De plus, la relation forte entre la mémoire de travail visuo-spatiale mesurée par les blocs de Corsi et les compétences de navigation est confirmée. Les résultats soutiennent que les

compétences visuo-spatiales se développent d'abord dans l'espace de manipulation puis dans l'espace de navigation. Les mêmes résultats entre les deux tests pour les plus jeunes montrent que les enfants apprennent les compétences de navigation seulement quand leurs connaissances de l'espace de manipulation sont suffisantes et leur permettent de nouvelles explorations.

Enfin, les résultats soulignent que les différents types de mémoire de travail visuo-spatiales sont présents dans l'enfance et se développent différemment. Ainsi, les différences de performances entre les tests peuvent être dues à la difficulté de reproduction d'une séquence à grande échelle, mais aussi au temps inter-stimulus. Sur les Blocs de Corsi l'enfant peut donner sa réponse rapidement, alors que sur le WalCT, la réponse est contrainte à la vitesse de déplacement entre les différents carrés. Cependant, dans la littérature, l'intervalle inter-stimulus a peu ou pas d'effet sur les performances dans les populations non âgées.

III- Notre étude

A) Hypothèses

Nous avons déterminé les hypothèses de notre étude à partir des différentes travaux réalisées par Piccardi et al mais aussi grâce aux articles scientifiques que nous avons pu étudier dans nos parties théoriques respectives. Ces hypothèses nous ont guidé dans la création de notre protocole expérimental et dans le choix des informations demandées aux parents d'une part (par exemple leurs professions dans l'autorisation parentale) et aux enfants d'autre part (par exemple les prises en charge ou la latéralité notées sur la feuille de passation). Par la suite, ces hypothèses nous ont permis de déterminer quelles étaient les analyses statistiques pertinentes pour traiter les données récoltées.

En premier lieu, nous avons supposé que le WalCT, dans son empan endroit comme envers, était un test développemental, comme les blocs de Corsi. Un test est dit développemental quand on y trouve une amélioration des performances, ici une augmentation du nombre d'items réussis, au fur et à mesure que l'âge des enfants augmente. Nous avons également supposé, en lien avec les résultats de l'étude Piccardi et al. (2014c), que ces deux tests avaient des courbes développementales distinctes car ils ne mesurent pas la même capacité. Comme Piccardi et coll, nous pensons obtenir des scores plus élevés aux Blocs de Corsi qu'au WalCT, dans toutes les tranches d'âge car notre étude ne comporte pas d'enfant de moins de 5,6 ans. De plus, nous ne pensons pas trouver de différences entre les résultats des filles et des garçons dans les deux tests.

Ensuite, différentes informations ont été demandées aux enfants afin de déterminer l'influence de différents paramètres sur la performance au WalCT et aux blocs de Corsi. Ainsi, nous avons présumé que ni la latéralité, c'est-à-dire que l'enfant soit droitier ou gaucher, ni la prise en charge en orthophonie, présente ou passée, n'auraient un impact significatif. Par ailleurs, nous avons émis les hypothèses qu'il n'y aurait pas de différence significative inter-examineur et que l'ordre de passation des deux tests, Blocs de Corsi avant ou après le WalCT, n'aurait pas d'impact majeur sur les résultats.

Enfin, nous avons fait passer une échelle d'auto-évaluation avant chaque test et nous avons déterminé, à partir de la profession des parents (ou responsable(s) légal(aux), le niveau socioprofessionnel de la famille de chaque enfant. Avec ces informations, nous cherchons à confirmer ou infirmer plusieurs hypothèses. Premièrement, qu'il n'y a pas de lien entre l'auto-évaluation et les performances réelles. Puis, que les différences filles/garçons ne sont pas significatives dans la réussite des tests mais dans l'auto-évaluation de ceux-ci. Et enfin, que l'auto-évaluation est impactée par la catégorie socio-professionnelle de la famille.

B) Résultats

1. Influence des paramètres

Pour vérifier l'homogénéité de notre population, nous avons effectué des tests de Levene et des T-tests (Test de Student) avec SPSS pour comparer deux groupes distincts de notre échantillon. Si la signification (sig, score P) du Levene (test sur l'égalité de la variance) est supérieure à 0,05 alors on peut s'intéresser aux résultats du T-Test (test pour l'égalité des moyennes). On regarde alors le score P du T-test et, s'il est supérieur à 0,05, alors on considère que les deux groupes comparés n'ont pas de différences significatives de performance. Autrement dit, le facteur qui différencie les deux groupes n'influence pas la performance des enfants.

En pratique, nous avons effectué ces deux tests pour comparer : le groupe qui a eu ou a une prise en charge en orthophonie avec le reste de l'échantillon, les droitiers et les gauchers, les filles avec les garçons, le groupe qui a passé les blocs de Corsi puis le WalCT et ceux qui ont fait l'inverse et enfin, le groupe évalué par Leïla Bonnin-Sebbag et le groupe évalué par moi. Ainsi, nous déterminerons l'influence de la prise en charge orthophonique, de la latéralité, du sexe, l'ordre de

passation, l'examinatrice ou l'école sur la performance des enfants durant les deux tests de notre protocole expérimental.

a) Selon la latéralité ; l'enfant est droitier ou gaucher

Nous avons effectué tout d'abord ce couple de tests pour comparer les performances des droitiers et gauchers sur les blocs de Corsi, sur l'empan endroit et l'empan envers.

L'analyse des données indique que les droitiers obtiennent au Corsi endroit en moyenne un score de 5,30 alors que les gauchers obtiennent un score de 5,17. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 0,330$, $ddl = 86$, $P = 0,742$).

De plus, les droitiers obtiennent au Corsi envers en moyenne un score de 5,09 alors que les gauchers obtiennent un score de 4,83. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 0,479$, $ddl = 86$, $P = 0,633$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et envers donc la performance des gauchers et des droitiers est semblable sur ce test. On peut donc affirmer que la latéralité ne joue pas sur les résultats des blocs de Corsi.

Nous avons effectué les mêmes tests pour comparer les performances des droitiers et gauchers mais cette fois ci sur le WalCT, sur l'empan endroit et l'empan envers.

L'analyse des données indique que les droitiers obtiennent au WalCT endroit en moyenne un score de 4,21 alors que les gauchers obtiennent un score de 3,67. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 1,181$, $ddl = 86$, $P = 0,241$). De plus, les droitiers obtiennent au WalCT envers en moyenne un score de 3,71 alors que les gauchers obtiennent un score de 3,33. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 1,134$, $ddl = 86$, $P = 0,260$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et envers donc la performance des gauchers et des droitiers est semblable sur ce test. On peut donc affirmer que la latéralité ne joue pas sur les résultats du WalCT.

b) Selon la prise en charge en orthophonie

Nous avons effectué tout d'abord les deux tests pour comparer les performances des enfants ayant eu ou ayant une prise en charge orthophonique, par rapport aux autres enfants, sur les blocs de Corsi, sur l'empan endroit et l'empan envers.

L'analyse des données indique que les enfants qui n'ont pas été pris en charge en orthophonie obtiennent au Corsi endroit en moyenne un score de 5,33 alors que les enfants ayant été pris en charge obtiennent un score de 5,31. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = -0,073$, $ddl = 84$, $P = 0,942$).

De plus, les enfants qui n'ont pas été pris en charge en orthophonie obtiennent au Corsi envers en moyenne un score de 5,04 alors que les enfants ayant été pris en charge obtiennent un score de 5,46. La différence entre les deux groupes est non significative ($t = 1,158$, $ddl = 84$, $P = 0,250$.)

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et envers donc la performance des enfants avec et sans prise en charge orthophonique est semblable sur ce test. On peut donc affirmer que la prise en charge en orthophonie ne joue pas sur les résultats des blocs de Corsi.

Ensuite, nous avons effectué les deux tests pour comparer les performances des enfants avec ou sans prise en charge orthophonique, cette fois ci sur le WaICT, empan endroit et empan envers.

L'analyse des données indique que les enfants qui n'ont pas été pris en charge en orthophonie obtiennent, au WaICT endroit, en moyenne un score de 4,15 alors que les enfants ayant été pris en charge obtiennent un score de 4,54. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 1,254$, $ddl = 84$, $P = 0,213$).

De plus, les enfants qui n'ont pas été pris en charge en orthophonie obtiennent au WaICT envers en moyenne un score de 3,71 alors que les enfant ayant été pris en charge obtiennent un score de 3,69. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = -0,067$, $ddl = 84$, $P = 0,931$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et envers donc la performance des enfants avec et sans prise en charge orthophonique est semblable sur ce test. On peut donc affirmer que la prise en charge en orthophonie ne joue pas sur les résultats du WaICT.

c) Selon le sexe

Nous avons effectué les deux tests pour comparer les performances des filles et des garçons sur les blocs de Corsi, sur l'empan endroit et l'empan envers.

L'analyse des données indique que les garçons obtiennent au Bloc endroit en moyenne un score de 5,22 et les filles obtiennent un score de 5,45. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = -1,239$, $ddl = 108$, $p = 0,218$).

De plus, les garçons obtiennent au Bloc envers en moyenne un score de 5,31 et les filles obtiennent un score de 4,93. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 1,711$, $ddl = 108$, $p = 0,090$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et envers donc la performance des filles et des garçons sont semblables sur ce test. On peut donc affirmer que le sexe ne joue pas sur les résultats des blocs de Corsi.

Ensuite, nous avons effectué les deux tests pour comparer les performances des filles et des garçons, cette fois-ci sur le WalCT, empan endroit et empan envers.

L'analyse des données indique que les garçons obtiennent au WalCT endroit en moyenne un score de 4,33 et les filles obtiennent un score de 4,11. La différence entre les deux groupes est non significative (Test $t = 1,148$, $ddl = 108$, $P = 0,254$).

De plus, les garçons obtiennent au WalCT envers en moyenne un score de 3,93 et les filles obtiennent un score de 3,55. La différence entre les deux groupes est significative (Test $t = 2,545$, $ddl = 108$, $P = 0,012$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan endroit et inférieur sur l'empan envers. Il semble donc qu'il existe des différences significatives de performances entre les filles et les garçons uniquement sur le WalCT empan envers. Cependant, la différence entre les scores moyens des filles et des garçons est faible.

d) Selon l'ordre de passation

Nous avons effectué tout d'abord les deux tests pour comparer les performances des enfants ayant passé les blocs de Corsi puis le WalCT (BW), avec les enfants ayant passé les tests dans l'ordre inverse (WB), sur les blocs de Corsi, empan endroit et envers.

L'analyse des données indique que les enfants WB obtiennent au Corsi endroit en moyenne un score de 5,18 alors que les enfants BW ont un score de 5,46. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = -1,560$, $ddl = 105$, $P = 0,122$).

De plus, les enfants WB obtiennent au Corsi envers en moyenne un score de 5,08 alors que les enfants BW ont un score de 5,14. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = -0,274$, $ddl = 105$, $P = 0,784$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan droit et envers donc la performance des enfants WB et BW sont semblables sur ce test. On peut donc affirmer qu'il n'y a pas d'influence due à l'ordre de passation sur les blocs de Corsi. Autrement dit, les enfants WB n'ont pas bénéficié d'un effet d'apprentissage du WalCT sur les blocs de Corsi.

Nous avons ensuite effectué les deux tests pour comparer les performances des enfants ayant passé les blocs de Corsi puis le WalCT (BW), avec les enfants ayant passé les tests dans l'ordre inverse (WB), cette fois ci sur le WalCT, empan droit et envers.

L'analyse des données indique que les enfants WB obtiennent au WalCT droit en moyenne un score de 4,25 alors que les enfants CW ont un score de 4,20. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = 0,289$, ddl = 105, $P = 0,773$).

De plus, les enfants WB obtiennent au WalCT envers en moyenne un score de 3,75 alors que les enfants BW ont un score de 3,73. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (P de Levene = 0,915, Test $t = 0,084$ ddl = 105, $P = 0,933$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 sur l'empan droit et envers donc les performances des enfants WB et BW sont semblables sur ce test. On peut donc affirmer qu'il n'y a pas d'influence due à l'ordre de passation sur le WalCT. Autrement dit, les enfants WB n'ont pas bénéficié d'un effet d'apprentissage des Blocs de Corsi sur le WalCT.

e) Selon l'examinatrice ou l'école

Pour évaluer s'il y avait des différences de notation entre Leïla Bonnin-Sebbag (LBO) et moi (LTI), ou des différences de performances entre les enfants selon leur école (celle de LTI ou celle de LBO), nous avons effectué des Test de Levene et des T-tests pour comparer le groupe d'enfant noté par LBO et le groupe noté par LTI. Comme précédemment, si la signification (sig, ou score P) au T-test est supérieure à 0,05 et que le score P de Levene est supérieur à 0,05 alors les deux groupes comparés n'ont pas de différences significatives de performance.

Pour les blocs de Corsi, l'analyse des données indique que les enfants évalués par LTI obtiennent aux blocs de Corsi droit en moyenne un score de 5,16 et les enfants évalués par LBO ont un score moyen de 5,60. La différence entre les deux groupes est significative (Test $t = -2,345$, ddl = 107, $P = 0,021$). Cependant, la différence des moyennes est faible.

De plus, les enfants évalués par LTI obtiennent aux blocs de Corsi envers en moyenne un score de 5,01 et les enfants évalués par LBO ont un score moyen de 5,31. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = -1,256$, dII = 107, $P = 0,212$).

Pour le WalCT, l'analyse des données indique que les enfants évalués par LTI obtiennent au WalCT endroit en moyenne un score de 4,19 et les enfants évalués par LBO ont un score moyen de 4,29. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test t = - 0,449, ddl = 107, P = 0,654).

De plus, les enfants évalués par LTI obtiennent au WalCT envers en moyenne un score de 3,73 et les enfants évalués par LBO ont un score moyen de 3,76. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test t = - 0,197, ddl = 107, P = 0,845).

Les scores P du T-test sont supérieurs à 0,05 dans les deux sous-épreuves de chaque test sauf pour les Blocs endroits. Donc, il n'y a pas de différences de notation inter-examinatrice ou de différences de performances des enfants selon leur école pour toutes les épreuves sauf pour l'empan endroit des Blocs de Corsi, bien que ce résultat soit à nuancer.

2. Analyse développementale

a) Performances au WalCT selon l'âge

Pour étudier les différences de performance selon l'âge, nous avons effectué une analyse de variance (ANOVA) à 1 facteur avec le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Si le score P est inférieur à 0,05 alors on considère que les différences entre les groupes sont significatives.

Comme exposé dans la partie « Différences d'échantillons », notre population a été séparée en 5 groupes d'âges. Nous avons donc utilisé le groupe d'âge comme valeur nominale et le score à l'empan endroit puis envers au WalCT comme indicateur quantitatif.

L'analyse des données indique que les différences entre les 5 groupes au WalCT endroit (F = 4,148, ddl = 4, P = 0,004) et au WalCT envers (F = 2,565, ddl = 4, P = 0,042) seraient significatives.

Pour analyser plus précisément ces différences, nous avons réalisé un test de Tukey, avec le logiciel GraphPad Prism, pour comparer les groupes d'âge deux à deux. Pour le WalCT endroit, il apparaît alors que seules les différences entre les 6 ans et les 9 ans (p = 0,0242) et entre les 7 ans et les 9 ans (p = 0,0242) sont significatives. Pour le WalCT envers, aucune des comparaisons ne présente de différence significative.

b) Performances aux blocs de Corsi selon l'âge

Pour étudier les différences de performance aux Blocs de Corsi selon l'âge, nous avons procédé de la même manière que pour le WalCT.

L'analyse des données avec l'ANOVA indique que les différences entre les 5 groupes aux Blocs endroit ($F = 4,157$, $ddl = 4$, $P = 0,004$) et aux Blocs envers ($F = 5,885$, $ddl = 4$, $P = 0,002$) seraient significatives.

L'analyse des données avec le test de Tukey indique, pour les Blocs endroit, une différence significative seulement entre les 6 ans et les 10 ans ($p = 0,0296$). Pour les Blocs envers, les différences significatives se situent entre les 6 ans et les 9 ans ($p = 0,0231$), entre les 7 ans et les 9 ans ($p = 0,0478$) et entre les 8 ans et les 9 ans ($p = 0,0211$).

c) Comparaison des épreuves au WalCT et aux Blocs de Corsi selon l'âge

Par la suite, nous avons cherché à étudier les différences entre les différentes épreuves des deux tests selon l'âge. Nous avons réalisé des ANOVA et des tests de Tukey afin de comparer les différents groupes deux à deux.

Tous âges confondus, il apparaît que seule la différence entre les Blocs endroit et les Blocs envers n'est pas significative. Cependant, en séparant chaque classe d'âge on remarque que ce n'est pas le cas dans chaque groupe. Le tableau de la figure 18 expose toutes les différences significatives.

Age	Epreuves comparées	Valeur de p	Différence de moyennes
6 ans	Blocs endroit vs. WCT envers	0,0167	1,333
	Blocs envers vs. WCT endroit	0,0373	0,8889
7 ans	Blocs endroit vs. WCT envers	0,009	1,667
	Blocs envers vs. WCT envers	0,0074	1,333
8 ans	Blocs endroit vs. WCT endroit	0,0318	0,9444
	Blocs endroit vs. WCT envers	0,0027	1,222
9 ans	Blocs endroit vs. WCT endroit	0,0003	0,9167
	Blocs endroit vs. WCT envers	<0,0001	1,611
	Blocs envers vs. WCT endroit	<0,0001	1,056
	Blocs envers vs. WCT envers	<0,0001	1,75
	WCT endroit vs. WCT envers	0,0028	0,6944
10 ans	Blocs endroit vs. WCT endroit	<0,0001	1,316
	Blocs endroit vs. WCT envers	<0,0001	1,816
	Blocs envers vs. WCT endroit	0,0001	0,8947
	Blocs envers vs. WCT envers	<0,0001	1,395
	WCT endroit vs. WCT envers	0,0204	0,5

Figure 18 : Résultats significatifs aux épreuves selon les classes d'âges (Test de Tukey)

On considère la valeur de p comme significative en dessous de 0,05 et la différence de moyenne correspond à la moyenne de la première épreuve à laquelle on a soustrait la moyenne de la seconde épreuve comparée. Donc lorsque p est inférieur à 0,05 et que cette moyenne est positive, on peut considérer que la performance à la première épreuve comparée pour cette tranche d'âge est significativement meilleure qu'à la seconde épreuve.

Il apparaît ainsi, pour les 9 et 10 ans, que les enfants sont meilleurs aux Blocs de Corsi qu'au WalCT, toutes épreuves confondues. Cela n'est retrouvé que partiellement dans les autres groupes d'âges. Ces différences sont de l'ordre de 1 à 2 blocs/carré retenus en plus.

Enfin, on remarque que les 9 et 10 ans sont significativement légèrement meilleurs au WalCT endroit qu'au WalCT envers.

3. Corrélations des performances dans les différentes épreuves

Pour mesurer et quantifier le degré de liaison entre les différentes épreuves des deux tests, nous avons effectué une matrice de corrélation bivariée. Autrement dit, nous avons exploré à quel point la performance à un des exercices peut être déterminant sur la performance à un autre, et donc à quel point les compétences mises en jeu sont liées.

La matrice de corrélation donne une valeur de p qui détermine si la valeur de la corrélation est significative, notre critère défini étant inférieur à 0,05. La corrélation est quantifiée par le r de Pearson, compris entre -1 et +1 et interprétable de cette façon :

- parfaite si $r = 1$
- très forte si $r > 0,8$.
- forte si r se situe entre 0,5 et 0,8.
- d'intensité moyenne si r se situe entre 0,2 et 0,5.
- faible si r se situe entre 0 et 0,2. - Nulle si $r \leq 0$

Les résultats de cette matrice de corrélation sont compilés dans le tableau de la **figure 19**.

		Blocs endroit	Blocs envers	WCT endroit	WCT envers
Blocs endroit	Corrélation de Pearson	1	,288**	,167	,144
	Sig. (bilatérale)		,002	,081	,133
	N	110	110	110	110
Blocs envers	Corrélation de Pearson	,288**	1	,461**	,346**
	Sig. (bilatérale)	,002		,000	,000
	N	110	110	110	110
WCT endroit	Corrélation de Pearson	,167	,461**	1	,365**
	Sig. (bilatérale)	,081	,000		,000
	N	110	110	110	110
WCT envers	Corrélation de Pearson	,144	,346**	,365**	1
	Sig. (bilatérale)	,133	,000	,000	
	N	110	110	110	110

Figure 19 : Résultats de la matrice de corrélation entre les différentes épreuves des tests

Il en ressort que les scores aux Blocs envers sont moyennement corrélés à ceux au WalCT ($r = 0,461$ et $p = 0$ pour WalCT endroit, $r = 0,346$ et $p = 0$ pour WalCT envers).

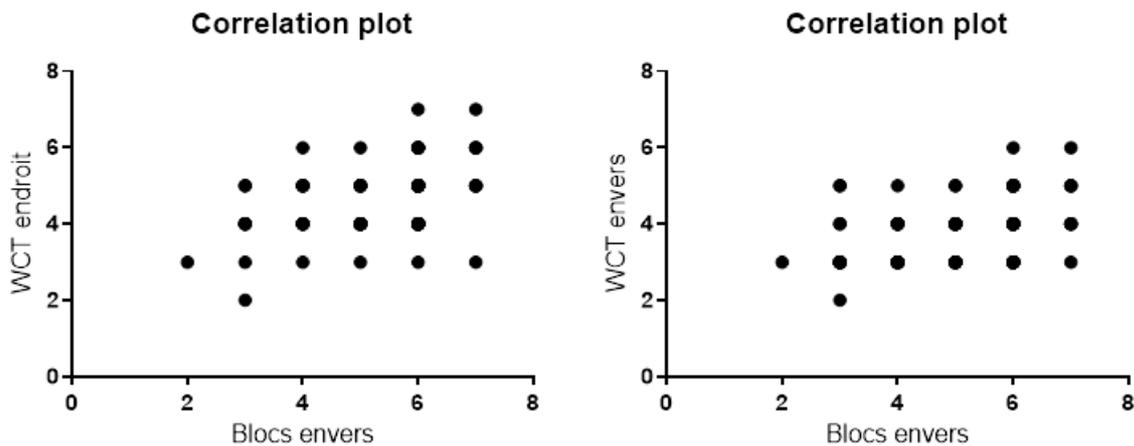


Figure 20 : Représentation en nuages de points des corrélations avec les Blocs envers

De plus les scores aux Blocs endroits sont moyennement corrélés à ceux des Blocs envers ($r = 0,288$, $p = 0,002$), et ceux du WalCT endroit à ceux du WalCT envers ($r = 0,365$, $p = 0$).

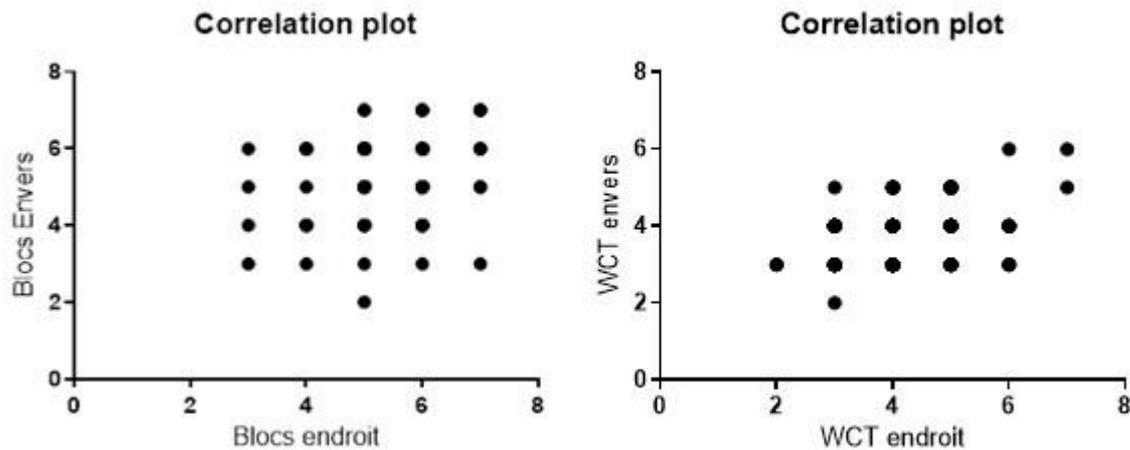


Figure 21 : Représentation en nuages de points des corrélations entre les épreuves d'un même test

4. Analyse des échelles d'auto-évaluation

a) Lien entre l'auto-évaluation et les performances réelles

Pour vérifier l'existence ou non d'un lien entre les échelles d'auto-évaluation et les performances réelles des enfants, nous avons effectué des matrices de corrélation bivariées. Pour rappel, la corrélation est : parfaite si $r = 1$, très forte si $r > 0,8$, forte si r se situe entre 0,5 et 0,8, d'intensité moyenne si r se situe entre 0,2 et 0,5, faible si r se situe entre 0 et 0,2, nulle si $r = 0$. La signification (sig ou score P) détermine si r est fiable.

Auto-évaluation Blocs de Corsi et résultats aux Blocs de Corsi

Résultats des matrices de corrélation :

- Auto-évaluation blocs de Corsi et résultats empan endroit blocs de Corsi : $r = - 0,136$, $p = 0,158$
- Auto-évaluation blocs de Corsi et résultats empan envers des blocs de Corsi : $r = -0,072$, $p = 0,452$

Les scores P sont non significatifs et la corrélation (score r) de l'auto évaluation avec l'empan endroit et envers des blocs de Corsi est nulle. L'analyse des données montre donc qu'il n'existe aucune relation entre l'auto-évaluation des blocs de Corsi et leurs résultats objectifs aux blocs de Corsi.

Auto-évaluation Blocs de Corsi et résultats aux Blocs de Corsi

Résultats de la matrice de corrélation :

- Auto-évaluation WalCT et résultats empan endroit du WalCT : $r = - 0,072$, $p = 0,456$
- Auto-évaluation WalCT et résultats empan envers du WalCT : $r = 0,009$, $p = 0,930$

Les scores P sont non significatifs, la corrélation (score r) de l'auto évaluation avec l'empan endroit du WalCT est nulle, et faible avec l'empan envers. L'analyse des données montre donc qu'il n'existe pas de relation entre l'évaluation du WalCT que font les enfants de leurs performances et leurs résultats objectifs au WalCT.

b) Lien entre l'auto-évaluation et la catégorie socio-professionnelle

Pour évaluer si la catégorie socio-professionnelle de la famille avait un impact avec l'autoévaluation des enfants, nous avons effectué un Test de Tukey avec le seuil significatif défini à 0,05.

Sur les auto-évaluations du Walking Corsi Test et des Blocs de Corsi, aucune mesure n'est significative. Il n'y a donc pas de lien entre la catégorie socio-professionnelle de la famille et l'autoévaluation des enfants dans notre population.

c) Lien entre l'auto-évaluation et l'examinatrice/l'école

Nous avons effectué des tests de Levene et des T-tests pour comparer les auto-évaluations des enfants selon leur école ou examinatrice.

Pour l'auto-évaluation des blocs de Corsi, l'analyse des données indique que les enfants évalués par LBO ont en moyenne un score de 5,9/10 et les enfants évalués par LTI ont une moyenne de 5,6/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = 0,6444$, $df = 98$, $P = 0,521$).

Pour l'auto-évaluation du WalCT, l'analyse des données indique que les enfants évalués par LTI ont en moyenne un score de 6,2 /10 et les enfants évalués par LBO ont une médiane de 5,5/10. La différence entre les deux groupes n'est pas interprétable (P de Levene = 0,021).

Les scores P du T-test sont supérieurs à 0,05 donc il n'y a pas de différences inter-examinatrices ou inter école dans les auto-évaluations des blocs de Corsi. Les variances de chaque groupe étant trop différentes, les résultats ne sont pas interprétables pour le WalCT.

d) Différences d'auto-évaluation selon le sexe

Nous avons effectué les deux tests pour comparer les filles et les garçons sur l'auto évaluation.

Pour l'auto-évaluation des blocs de Corsi, l'analyse des données indique que les garçons s'évaluent en moyenne à 5,83/10 et les filles à 5,86/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test t = -0,56, ddl = 108, P = 0,956).

Pour l'auto-évaluation du WalCT, l'analyse des données indique que les garçons s'évaluent en moyenne à 5,59/10 et les filles à 6,23/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test t = -1,515, ddl = 108, P = 0,133).

Les scores P du T-test sont supérieurs à 0,05 donc il n'y a pas de différences significatives d'autoévaluation entre les filles et les garçons sur le WalCT et sur les blocs de Corsi.

e) Différences d'auto-évaluation selon ordre de passation

Comparaison du groupe WB et du groupe BW

Comme précédemment, nous avons effectué un Test de Levene et un T-test pour comparer le groupe ayant passé le WalCT puis les blocs de Corsi (WB) avec le groupe ayant passé les tests dans l'ordre inverse (BW).

Pour l'auto-évaluation des blocs de Corsi, l'analyse des données indique que le score moyen des enfants WB est de 5,425/10 et le score moyen des enfants BW 6,1/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (T-test t = 1,641, df = 108, P = 0,1036).

Le score P est supérieur à 0,05, il n'y a pas de différences d'auto-évaluation sur les blocs de Corsi entre les deux groupes. Peu importe l'ordre de passation des tests, cela n'influence pas l'auto-évaluation des enfants sur les blocs de Corsi.

Pour l'auto-évaluation du WalCT, l'analyse des données indique que le score moyen des enfants WB est de 6,345/10 et le score moyen des enfants BW est de 5,288/10. La différence entre les deux groupes est significative (Test $t = 2,571$, $df = 108$, $P = 0,0115$).

Le score P du T-test est inférieur à 0,05 donc les deux groupes ne se sont pas évalués de manière similaire sur le WalCT. Le groupe WB s'évalue mieux sur le WalCT que le groupe BW. Les blocs de Corsi, passés en premier, semblent donc avoir une influence sur l'auto-évaluation du WalCT.

Au vu de ce résultat, nous nous sommes demandés si la totalité du groupe WB s'évaluait mieux sur le WalCT par rapport au groupe BW ou s'il y avait des différences sexuelles/de genre.

Comparaison des groupes WB et BW selon le sexe

FILLES

Nous avons effectué les deux tests pour comparer les filles du groupe WB et du groupe BW.

Pour l'auto-évaluation des blocs de Corsi, l'analyse des données indique que le score moyen des filles WB est de 5,507/10 et le score moyen des filles BW 5,876/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = 0,6432$, $df = 54$, $P=0,5228$)

Pour l'auto-évaluation du WalCT, l'analyse des données indique que le score moyen des filles WB est de 6,219/10 et le score moyen des filles BW est de 5,503/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = 1,468$, $df = 54$, $P= 0,148$).

Les scores P du T-test sont supérieurs à 0,05 dans les deux auto-évaluations donc les filles s'évaluent de la même manière sur les blocs de Corsi et le WalCT, peu importe l'ordre de passation des tests.

GARÇONS

Nous avons effectué les deux tests pour comparer les garçons du groupe WB et du groupe BW.

Pour l'auto-évaluation des blocs de Corsi, l'analyse des données indique que le score moyen des garçons WB est de 5,338/10 et le score moyen des garçons BW 6,332/10. La différence entre les deux groupes n'est pas significative (Test $t = 1,660$, $df = 52$, $P= 0,1029$).

Le score P du T-test est supérieur à 0,05 donc, les garçons des deux groupes s'évaluent de la même manière sur les blocs de Corsi, peu importe l'ordre de passation des tests.

Pour l'auto-évaluation du WalCT, l'analyse des données indique que le score moyen des garçons WB est de 6,477/10 et le score moyen des garçons BW est de 5,064/10. La différence entre les deux groupes est significative (Test $t = 2,094$, $df = 52$, $P = 0,0412$).

Le score P du T-test est inférieur à 0,05 donc les garçons WB s'évaluent mieux au WalCT quand le WalCT est en premier. Ce phénomène n'est pas retrouvé chez les filles.

IV- Discussion

A) Influence des paramètres

Conformément à nos hypothèses il n'y a pas d'influence de la latéralité et de la prise en charge en orthophonie, dans les performances des enfants aux deux tests.

Au niveau de l'impact de l'examinatrice/école, seule une différence minime de 0,44 points aux Blocs endroit est observé, la différence dans les autres épreuves n'étant pas significative, nous pouvons considérer les différences inter-examinatrices ou inter-école comme quasi nulles.

Concernant nos résultats sur les différences de performance selon le sexe ou le genre, nous avons obtenu un seul T-test significatif, celui du WalCT envers. Il semblerait donc que les garçons soient meilleurs que les filles dans cette sous-épreuve uniquement. Cependant, la moyenne des score des filles est de 3,55 et celle des garçons est de 3,93 dans cette sous-épreuve. Ces moyennes ne diffèrent que de 0,38 points, notre échantillon est faible et notre système de cotation peu discriminatif. On peut donc considérer que cette différence sexuelle/de genre n'est pas significative dans notre étude.

Il n'y a donc, dans notre étalonnage, pas de différences sexuelle et/ou de genre de performances dans les blocs de Corsi mais aussi dans le WalCT.

Pour les blocs de Corsi, d'après la littérature, ce test en lui-même ne génère pas de différences de performances selon le sexe ou le genre, peu importe l'âge.

Mais, pour rappel, des différences sexuelles et/ou de genre de performances ont été retrouvées en navigation sur le WalCT chez les adultes, notamment dans une population de 15 à 86 ans (Piccardi et coll 2013), mais pas dans des populations d'enfants de 6 à 10 ans et de 4 à 11 ans (Piccardi et coll, 2014b, 2014c). Nos résultats, portant sur une population d'enfants de 6 à 10 ans, sont conformes à ceux de Piccardi et coll (2014b, 2014c), ne montrant pas de différences de performances au WalCT entre les filles et les garçons. Ils vont dans le sens de l'hypothèse de la

partie théorique de mon mémoire : en navigation, les différences biologiques (cérébrales et hormonales) et environnementales (stéréotypes de genre) impactent la performance des individus à partir de l'adolescence. Il serait intéressant d'effectuer l'étalonnage du WalCT chez les 11-15 ans pour étudier cette hypothèse.

B) Analyse développementale

1. Performances aux blocs de Corsi et au WalCT selon l'âge

L'analyse statistique montre que deux groupes de l'étalonnage sont significatifs et se distinguent sur le Walking Corsi Test, sur l'empan droit : les 6/7 ans avec des performances similaires et le groupe des enfants de 9 ans. Le premier groupe a eu des performances inférieures au second. Sur l'empan envers, aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes d'âge. Les résultats montrent l'aspect développemental du WalCT uniquement sur l'empan droit et sur deux grands groupes uniquement et non sur les cinq groupes d'âges souhaités (6 à 10 ans). Piccardi et coll (2014c), avaient quant à eux montré l'aspect développemental du WalCT, pour l'empan droit uniquement, avec des données significatives pour chacun de leur groupe (voir groupes de Piccardi et coll dans **I- D) Échantillons différents**).

Sur les blocs de Corsi empan droit, l'analyse statistique a montré aussi deux groupes significatifs : le groupe des enfants de 6 ans a des performances significativement moindre que le groupe des enfants de 10 ans. Pour l'empan envers, deux groupes se distinguent également, le groupe des 6/7/8 ans avec des performances similaires et le groupe des 9 ans qui a des performances plus élevées. Ici aussi, nos résultats montrent un aspect développemental mais pas sur la totalité des groupes d'âges souhaités.

Pourquoi n'arrivons-nous pas à avoir des données significatives pour chaque tranche d'âge ? Nous supposons que l'échantillon est trop petit et que notre système de notation prenant en compte l'empan maximum mémorisé et restitué est peu discriminatif (nombre entier). Les résultats sont donc moins linéaires avec moins de variations d'âge en âge.

2. Comparaison des résultats des 2 tests selon l'âge

Pour rappel, Piccardi et coll (2014) avaient trouvé dans leur étude que les enfants entre 4 et 5,6 ans avaient des scores similaires aux blocs de Corsi et au WalCT, alors que les enfants entre 5,6 ans et 11 ans avaient de meilleurs scores aux blocs de Corsi qu'au WalCT. Notre étalonnage, portant sur une population d'enfants de 6 à 10 ans, montre que les scores des enfants aux blocs de Corsi sont supérieurs à leurs scores au WalCT. Nos résultats sont donc conformes aux résultats de Piccardi et coll (2014c).

Ces différences de scores obtenues sont expliquées par le fait que les deux tests ne demandent pas la même charge cognitive. Le WalCT fait appel à des compétences supplémentaires par rapport aux blocs de Corsi : l'orientation, la rotation mentale, un traitement de l'information spatiale plus complexe, de plus grandes capacités de mémorisation (temps de latence : le trajet de l'examineur et le trajet du sujet prennent plus de temps).

En outre, ces différences de scores entre les deux tests peuvent être expliquées par le fait qu'ils ne mesurent pas la même chose comme le propose Piccardi et coll. Les blocs de Corsi mesurant la mémoire de travail visuo-spatiale de l'espace de manipulation, le WalCT celle de l'espace de navigation.

De plus, pour le WalCT uniquement, l'empan droit est mieux réussi que l'empan envers, Ce résultat peut s'expliquer par le fait que l'empan envers demande également plus de capacités cognitives. L'empan envers, par rapport à l'empan droit fait appel à des capacités de mémoire de travail plus complexes. Il faut maintenir l'image du trajet en mémoire et en plus effectuer un traitement cognitif pour restituer le trajet en ordre inverse,

Dans les blocs de Corsi, les performances sont similaires sur l'empan droit et envers. Nous supposons que le fait de restituer en ordre inverse la séquence est beaucoup plus handicapante sur le WalCT, qui est, comme nous l'avons vu, un test déjà beaucoup plus exigeant cognitivement.

C) Corrélations des performances dans les différentes épreuves

Les matrices de corrélation nous ont permis d'explorer si la performance à un des exercices peut être déterminant sur la performance à un autre, et donc à quel point les compétences mises en jeu sont liées.

Tout d'abord, nous avons trouvé des corrélations Corsi endroit/Corsi envers et WalCT endroit/WalCT envers, ce qui montre que la réussite à la première épreuve au sein d'un test a un lien déterminant avec la réussite à la seconde épreuve, et inversement. Il y a donc des compétences communes travaillées entre les deux sous-épreuves de chaque test.

Puis, l'analyse statistique a montré que la performance des enfants aux blocs de Corsi envers était corrélée avec la performance des enfants au WalCT, emplans endroit et envers et vice-versa. Cette corrélation pourrait s'expliquer par le fait que les deux tâches requièrent un véritable usage de la mémoire de travail. Les blocs de Corsi envers nécessitent un traitement cognitif simultané à un maintien de l'information spatiale et le WalCT le maintien en mémoire du trajet avec la prise en compte de deux données indépendantes (l'ordre et l'orientation). Les blocs de Corsi endroit, en comparaison, n'est qu'un test de mémoire simple et non un test de mémoire de travail.

D) Analyse des échelles d'auto-évaluation

Tout d'abord, nos résultats montrent que les résultats des échelles d'auto-évaluation des deux tests ne sont pas en lien avec les performances réelles des enfants sur les tests, avec les catégories socio-professionnelles estimées de leurs familles, avec l'examinatrice ou l'école et enfin avec leur sexe ou genre de manière globale.

Cependant, l'ordre de passation des tests a un impact sur les résultats des échelles d'autoévaluation. Le groupe WB, c'est-à-dire le groupe d'enfants ayant effectués le WalCT puis les blocs de Corsi, s'évalue plus favorablement sur le WalCT que le groupe BW qui a passé les tests dans le sens inverse.

Pour voir si la totalité du groupe WB s'évaluait mieux au WalCT ou s'il y avait des différences sexuelles au sein du groupe WB, nous avons effectué deux comparaisons : les garçons WB avec les garçons BW et les filles WB avec les filles BW.

Chez les filles, les filles BW et WB s'évaluaient de manière similaire sur le WalCT, comme sur les blocs de Corsi. Il n'y a donc, chez les filles, pas d'impact de l'ordre de passation sur les résultats de leurs auto-évaluations.

Or, chez les garçons, les garçons WB s'évaluaient mieux sur le WalCT que les garçons BW, expliquant les résultats du groupe WB total. Il n'y a en réalité que pour les garçons un impact de l'ordre de passation des tests sur les résultats de leurs échelles d'auto-évaluation.

Comment expliquer ce phénomène ?

Tout d'abord, comme nous l'avons vu dans ma partie théorique, les études portant sur les échelles d'auto-évaluation des tâches de navigation chez les adultes montrent que les hommes s'évaluent mieux que les femmes, ils sont plus confiants en leurs propres capacités dans ce domaine. Au contraire, les femmes rapportent un niveau d'anxiété spatiale plus élevé que les hommes, liée à la peur de se perdre. (Coluccia & Louse, 2004).

Puis, nous avons également vu dans ma partie théorique les raisons de leur confiance en eux dans les tâches de navigation : ils ont de meilleures performances que les femmes. Leurs meilleures performances peuvent s'expliquer par des facteurs biologiques (hormonaux et cérébraux) et des facteurs environnementaux (Coluccia et Louse, 2004). Parmi les facteurs environnementaux influençant leur performance en navigation, il y a le fait de s'adonner à plus d'activités d'ordre spatiale mais il est possible qu'il existe également un stéréotype de genre renforçant leur confiance en eux comme c'est le cas dans d'autres capacités spatiales, comme par exemple en rotation mentale (McGlone et Aronson, 2006).

Dans notre étude, nous constatons des différences d'auto-évaluation sur le WalCT entre les filles et les garçons alors que leurs performances au WalCT sont similaires. Ils ne sont pas plus confiants que les filles par rapport à de réelles meilleures performances. Nous supposons donc que la raison de cette meilleure évaluation sur le WalCT des garçons est due à un stéréotype de genre, la présence d'une croyance chez les garçons qu'ils sont forts dans les tâches de navigation.

Cependant, quand les blocs de Corsi sont passés en premier, les garçons ne s'évaluent pas aussi favorablement. Il semblerait donc que la passation des blocs de Corsi remette en cause le stéréotype de genre, et ne mette pas les garçons en confiance.

Il serait très intéressant de voir si ce phénomène est présent dès 6 ans ou apparaît à un âge plus tardif de notre étalonnage. Malheureusement, notre échantillon est trop petit pour pouvoir analyser ce paramètre. Un étalonnage plus complet de ce protocole expérimental permettra d'une part de confirmer ce résultat et d'autre part de déterminer l'âge où ce phénomène apparaît.

CONCLUSION PARTIE PRATIQUE ET MÉMOIRE

Dans la partie théorique, nous avons vu qu'il existait des différences sexuelles et/ou de genre dans la navigation spatiale et qu'elles semblaient apparaître à l'adolescence.

Dans la partie pratique, nous avons développé notre propre version du Walking Corsi Test (Piccardi et coll, 2008), test qui pourra par la suite être utilisé par les psychomotriciens. Nous avons ensuite effectué un pré-étalonnage de ce test auprès d'enfants tous venants de 6 à 10 ans. Le pré-étalonnage du WalCT n'a pas montré de différences de performances entre les filles et les garçons. Cependant, l'analyse statistique de notre échelle d'évaluation montre qu'il semblerait exister un stéréotype de genre masculin positif en navigation, augmentant leur confiance en eux sur le WalCT mais que celui-ci peut être remis en question par la passation des blocs de Corsi. Néanmoins, il n'existe pas chez les filles de notre étalonnage, âgées entre 6 et 10 ans, une menace du stéréotype augmentant leur anxiété. Il semblerait donc que le stéréotype de genre masculin apparaisse de manière plus précoce que le stéréotype féminin en navigation. Est ce que le stéréotype féminin apparaît, comme les différences de performances filles/garçons en navigation, à l'adolescence ?

BIBLIOGRAPHIE

A

- **Acredolo, L.P. (1978).** Development of spatial orientation in infancy. *Developmental Psychology*, 14(3), 224-234
- **Aguirre, G. K., & D'Esposito, M. (1999).** Topographical disorientation : A synthesis and taxonomy. *Brain*, 122(9), 1613-1628. <https://doi.org/10.1093/brain/122.9.1613>
- **Albaret, J. M., Giromini, F., & Scialom, P. (2018a).** Manuel d'enseignement de psychomotricité: Tome 4-Sémiologie et nosographies psychomotrices. De Boeck Supérieur.
- **Albaret, J.-M., Giromini, F., & Scialom, P. (2018b).** Manuel d'enseignement de psychomotricité : Tome 5—Examen psychomoteur et tests. De Boeck Supérieur.
- **Annett, M. (1992).** Spatial ability in subgroups of left- and righthanders. *British Journal of Psychology*, 83(4), 493–515.

B

- **Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989).** the role of experience in spatial test performance:a meta-analysis. *Sex Roles*, 20(5–6), 327–344
- **Belmonti, V., Cioni, G., & Berthoz, A. (2015).** Switching from reaching to navigation : Differential cognitive strategies for spatial memory in children and adults. *Developmental Science*, 18(4), 569-586. <https://doi.org/10.1111/desc.12240>
- **Berthoz, A., & Viaud-Delmon, I. (1999).**Multisensory integration in spatial orientation. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(6), 708–712, doi:10.1016/S09594388%2899%2900041-0.
- **Bianchini, F., Incoccia, C., Palermo, L., Piccardi, L., Zompanti, L., Sabatini, U., Guariglia, C. (2010).** Developemental topographical disorientation in healthy subject, *Nuropsychologia*, 48(6), 1563-1573. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.01.025
- **Bouzon A., (2018),** Les compétences spatiales en regard du genre : Entre tests objectifs et croyances subjectives. Mémoire en vue de l’obtention du D.E. de psychomotricienne, Institut de Formation en Psychomotricité de Toulouse, Université Paul Sabatier
- **Brockmole, J. R., & Wang, F. R. (2003).** Changing perspective within and across the environments. *Cognition*, 87, B59–B67, doi:10.1016/s0010-0277%2802%2900231-7
- **Burgess, N., Spiers, H., & Paleologou, E. (2004).** Orientational manoeuvres in the dark : Dissociating allocentric and egocentric influences on spatial memory. *Cognition*, 94(2), 149-166. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.01.001>

C

- **Carrer, S (2019),** Cours Magistral sur la déficience visuelle, cours de 3ème année à l’Institut de Formation en Psychomotricité de Toulouse, Université Paul Sabatier
- **Cheng, K., & Newcombe, N. S. (2005).** Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(1), 1-23. <https://doi.org/10.3758/BF03196346>

- **Chrastil, E.R (2013).** Neural evidence supports a novel framework for spatial navigation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(2), 208-227
- **Claessen, M. H. G., Van der Ham, I. J. M., Jagersma, E., & Visser-Meily, J. M. A. (2016).** Navigation strategy training using virtual reality in six chronic stroke patients : A novel and explorative approach to the rehabilitation of navigation impairment. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26(5-6), 822-846. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1045910>
- **Coluccia, E. & Louse, G. (2004).** Gender differences in spatial orientation : A review. *Journal of Environmental Psychology*, 24(3), 329-340. doi:10.10106/j.jenvp.2004.08.006
- **Corsi, P. M. (1972).** Human memory and the medial temporal region of the brain. 85.

D

- **Dumesnil, A., Chateignier, C. & Chekroun, P. (2016).** Les femmes, le sens de l'orientation... et les stéréotypes : effet délétère de la menace du stéréotype sur les performances des femmes à une tâche d'orientation dans l'espace. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, numéro 112(4), 455-475. doi:10.3917/cips.112.0455.

F

- **Fournier, M., & Albaret, J.-M. (2013).** Étalonnage des blocs de Corsi sur une population d'enfants scolarisés du CP à la 6e. *Développements*, 16-17(3), 76. <https://doi.org/10.3917/devel.016.0076>

G

- **Guilford, J.P. & Zimmerman, W.S (1948).** The Guilford Zimmerman Aptitude Survey. *Journal of Applied Psychology*, 32(1), 224-234

H

- **Hegarty, M. (2002a).** Development of a self-report measure of environmental spatial ability. *Intelligence*, 30(5), 425-447. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00116-2)
- **Hegarty, M. (2002b).** Santa Barbara Sense-Of-Direction scale.

- **Hegarty, Mary, & Waller, D. A. (2005).** Individual Differences in Spatial Abilities. In *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (p. 121-169).

I

- **Iachini, T., Ruotolo, F., & Gennaro, R. (2009).** The effects of familiarity and gender on spatial representation. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 227–234, doi: 10.1016/j.jenvp. 2008.07.001.

- **Iaria G & Burles, F (2016).** Developmental topographical disorientation. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(10), 720-722

K

- **Kimura, D., & Hampson, E. (1994).** Cognitive pattern in men and women is influenced by fluctuations in sex hormones. *Current Directions in Psychological Science*, 3, 57–61.

L

- **Lareng-Armitage J & Bénesteau J (2005).** Le syndrome développemental de Gerstmann : une question d'actualité ? In *entretiens de Psychomotricité 2005* (pp155-161). Paris : Expansion Scientifique Française.
- **Landau B & Lakusta, I (2006).** Spatial language and spatial representation : Autonomy and interaction. In M. Hickmann & S. Robert (Eds) *Space in languages : linguistic systems and cognitive categories* (pp 309-333), Baltimore, MD : John Hopkins University
- **Lawton, C. A. (1994).** Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Role*, 30, 765–779, doi:10.1007/BF01544230.
- **Lawton, C. A. (1996a).** Strategies for indoor wayfinding: The role of orientation. *Journal of Environmental Psychology*, 16, 137–145, doi:10.1006/jevp. 1996.0011.
- **Lawton, C. A., Charleston, S. I., & Zieles, A. S. (1996b).** Individual and gender related differences in indoor wayfindings. *Environment and Behavior*, 28(2), 204–219
- **Lawton, C. A., & Morrin, K. A. (1999).** Gender differences in pointing accuracy in computer simulated 3D mazes. *Sex Roles*, 40(1/2), 73–92.

- **Lawton, C. A. (2010).** Gender, Spatial Abilities, and Wayfinding. In J. C. Chrisler & D. R. McCreary (Éds.), *Handbook of Gender Research in Psychology* (p. 317-341). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1465-1_16
- **Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985).** Emergence and characterisation of gender differences in spatial abilities:a meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479–1498.
- **Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997).** The Inner Eye and the Inner Scribe of Visuo-spatial Working Memory : Evidence from Developmental Fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(3), 241-257. <https://doi.org/10.1080/713752559>

M

- **Marquet-Doléac J, (2018)** Épreuve des trajet au sol. In Albaret, J.-M., Giromini, F., & Scialom, P (Eds). *Manuel d'enseignement de psychomotricité : Tome 5—Examen psychomoteur et tests.* (pp:141-143) Paris : De Boeck Supérieur.
- **Marquet-Doléac J, (2018)** Blocs de Corsil. In Albaret, J.-M., Giromini, F., & Scialom, P (Eds). *Manuel d'enseignement de psychomotricité : Tome 5—Examen psychomoteur et tests.* (pp:161-164) Paris : De Boeck Supérieur.
- **Meilinger, T., Knauff, M., & Bulthoff, H. (2008).** Working Memory in Wayfinding—A Dual Task Experiment in a Virtual City. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 32(4), 755-770. <https://doi.org/10.1080/03640210802067004>
- **Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998).** Navigation in a virtual maze:Sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evolution and Human Behavior*, 19, 73–87
- **Montello, D. R., Lovelace, K. L., Golledge, R. G., & Self, C. M. (1999).** Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities. *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), 515–534.

N

- **Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2007).** Development of Spatial Cognition. In W. Damon & R. M. Lerner (Éds.), *Handbook of Child Psychology* (p. chpsy0217). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy0217>
- **Newcombe, N., Uttal, D.H. & Sauter, M. (2013).** Spatial development. In P.Zelazo (Ed.), *Oxford handbook of developmental psychology* (pp. 564-590). Oxford : Oxford University Press.
- **Nori, R., Piccardi, L., Migliori, M., Guidazzoli, A., Frasca, F., De Luca, D., & Giusberti, F. (2015).** The virtual reality Walking Corsi Test. *Computers in Human Behavior*, 48, 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.035>

P

- **Pazzaglia, F., Cornoldi, C., & Beni, R. D. (2000).** Differenze individuali nella rappresentazione dello spazio e nell'abilità di orientamento: Presentazione di un questionario autovalutativo. *Giornale italiano di psicologia*, 27(3), 627-0.
- **Pazzaglia, F., & De Beni, R. (2001).** Strategies of processing spatial information in survey and landmark-centred individuals. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(4), 493-508. <https://doi.org/10.1080/09541440125778>
- **Perrochon, Anaïck, Kemoun, G., Dugué, B., & Berthoz, A. (2014).** Cognitive Impairment Assessment through Visuospatial Memory Can Be Performed with a Modified Walking Corsi Test Using the « Magic Carpet ». *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.1159/000356727>
- **Perrochon, A., Mandigout, S., Petruzzellis, S., Soria Garcia, N., Zaoui, M., Berthoz, A., & Daviet, J. C. (2018).** The influence of age in women in visuo-spatial memory in reaching and navigation tasks with and without landmarks. *Neuroscience Letters*, 684, 13-17. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.06.054>
- **Piccardi, L., Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2008).** Walking in the Corsi test: Which type of memory do you need? *Neuroscience Letters*, 432, 127–131. doi:10. 1016/j.neulet.2007.12.044
- **Piccardi, L., Iaria, G., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2011).** Dissociated deficits of visuo-spatial memory in near space and navigational space: Evidence from

braindamaged patients and healthy older participants. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 18, 362–384. doi:10.1080/13825585.2011.560243

- **Piccardi, L., Bianchini, F., Argento, O., DeNigris, A., Maialetti, A., Palermo, L., & Guariglia, C. (2013).** The Walking Corsi Test (WalCT): Standardization of the topographical memory test in an Italian population. *Neurological Science*, 34, 971–978. doi:10.1007/s10072-012-1175x
- **Piccardi, L., Bianchini, F., Nori, R., Marano, A., Iachini, F., Lasala, L., & Guariglia, C. (2014a).** Spatial location and pathway memory compared in the reaching vs. Walking domains. *Neuroscience Letters*, 566, 226-230. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.03.005>
- **Piccardi, Laura, Leonzi, M., D'Amico, S., Marano, A., & Guariglia, C. (2014b).** Development of navigational working memory : Evidence from 6- to 10-year-old children. *British Journal of Developmental Psychology*, 32(2), 205-217. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12036>
- **Piccardi, L. Palermo, M. Leonzi, M. Risetti, L. Zompanti, S. D'Amico & C. Guariglia (2014c)** The Walking Corsi Test (WalCT): A Normative Study of Topographical Working Memory in a Sample of 4- to 11-Year-Olds , *The Clinical Neuropsychologist*, 28:1, 84-96, doi : 10.1080/13854046.2013.863976
- **Pierre, P. (1997).** Évaluation clinique d'un trouble de l'orientation spatiale. Mémoire en vue de l'obtention du D.E. de psychomotricienne, Institut de Formation de Psychomotricité de Toulouse, Université Paul Sabatier
- **Piper, B. J., Acevedo, S. F., Craytor, M. J., Murray, P. W., & Raber, J. (2010).** The use and validation of the spatial navigation Memory Island test in primary school children. *Behavioural Brain Research*, 210(2), 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.02.040>
- **Pradet, M., De Agostini, M., & Zazzo, R. (1982).** Le trajet au sol : Une épreuve de structuration spatiale. *Enfance*, 35(1), 61-74. <https://doi.org/10.3406/enfan.1982.2773>

S

- **Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., MacFadden, A., Bell, S., & Elias, L. J. (2002).** Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences

in the ability to use the strategies? Behavioral Neuroscience, 116, 403–410, doi: 10.1037/0735-7044.116.3.403.

- **Soppelsa, R. (2018).** Sémiologie des troubles spatiaux. In J.M. Albaret, F. Giromini, P. Scialom (Eds) Manuel d'enseignement de psychomotricité : Tome 4 -Sémiologie et nosographies psychomotrices (pp : 124-141). Paris : De Boeck Supérieur

V

- **Van Der Ham, I.J.M and Claessen, M.H.G (2016).** Chapitre 8 : Navigation Ability. In Postma, A. & Van Der Ham, I.J.M. (2016). Neuropsychology of space : spatial functions of the human brain, (pp 267-308). Amsterdam : Academic Press
- **Van Veen, H. A. H. C., Distler, H. K., Braun, S. J., & Bühlhoff, H. H. (1998).** Navigating through a virtual city : Using virtual reality technology to study human action and perception. Future Generation Computer Systems, 14(3-4), 231-242. [https://doi.org/10.1016/S0167739X\(98\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0167739X(98)00027-2)
- **Vecchi, T., & Girelli, L. (1998).** Gender differences in visuo-spatial processing:the importance of distinguishing between passive storage and active manipulation. Acta Psychologica, 1–16.

W

- **Walsh, D. A., Krauss, I. K., & Regnier, V. A. (1981).** Spatial ability, environmental knowledge, and environmental use : The elderly. In Spatial representation and behavior across the life span : Theory and application (p. 321-356). Academic Press.

RÉSUMÉ

La navigation spatiale est une compétence complexe qui correspond à la capacité de se rendre physiquement d'un point A à un point B dans un grand espace nommé « espace de navigation ».

Dans l'optique d'étudier cette habileté, nous avons développé avec Leila Bonnin-Sebbag notre propre version du Walking Corsi Test (WalCT), une « version tapis » des blocs de Corsi créé en Italie par Piccardi et coll (2008) mesurant la navigation spatiale ou plus précisément, selon les auteurs, la mémoire de travail visuo-spatiale de navigation. Nous avons étalonné ce test auprès d'enfants tous venants de 6 à 10 ans dans deux écoles élémentaires toulousaines, en y associant les blocs de Corsi (Fournier et Albaret, 2013) et une échelle d'auto-évaluation.

L'analyse statistique de cet étalonnage ne montre aucune différence de performances filles/garçons dans les deux tests, conformément à l'hypothèse développée dans la partie théorique de ce mémoire : les différences sexuelles et/ou de genre en navigation semblent apparaître à l'adolescence. Cependant, les garçons qui ont passé le WalCT en premier se sont évalué plus favorablement au WalCT que les garçons qui ont passé le Corsi en premier, phénomène que nous ne retrouvons pas chez les filles.

Mots clés : navigation spatiale, différences sexuelles, différences de genre, Walking Corsi Test, mémoire de travail visuo-spatiale

ABSTRACT

Spatial navigation is a complex skill which corresponds to the knowledge of going from A to B in a given space named "navigation space".

To study this skill, Leila Bonning-Sebbag and myself have developed our own version of the Walking Corsi Test (WalCT), which is a life-size variation of the Corsi block-tapping test (Fournier and Albaret, 2013). The WalCT was created in Italy by Piccardi et al. in 2008. It measures one's spatial navigation skills, and more precisely, according to the method's authors, one's visuo-spatial working memory.

We have calibrated our test with pupils aged from 6 to 10 in two primary schools located in Toulouse. We associated our method with the Corsi block-tapping test and a self-evaluation scale.

The data analysis of the results show no performance differences between boys and girls in both tests. This conclusion complies to the hypothesis formulated in the theoretical part of this work : gender and/or sex differentiation in navigation skills seem to appear during adolescence. However, the boys who passed the WalCT first self-evaluated themselves more positively than the ones who passed the Corsi block tapping test first. That phenomenon was not found among the girls' results.

Key words : spatial navigation, sex differences, gender differences, Walking Corsi Test, visuospatial working memory