

UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES

Faculté des Sciences Psychologiques et de l'Education

Les différences liées au sexe dans les habiletés verbales et visuo-spatiales

Etude des effets de présentation intermodale

ROBERT A.P. REUTER

Mémoire réalisé sous la direction de
Monsieur le Professeur José Junça de
Morais en vue de l'obtention du grade
de Licencié en Sciences Psychologiques

Année Académique 1997-1998

Tous différents, tous égaux.

Table des matières

Introduction	6
I. La logique	7
I.1. L'évolution de l'esprit	8
I.2. L'évolution des différences sexuelles	31
II. Les preuves	40
II.1. Avertissements	40
II.2. Difficultés de définition des capacités cognitives	41
II.3. Les différences sexuelles dans les capacités cognitives	42
II.4. Quelques facteurs associés aux différences cognitives	44
II.5. Les différences sexuelles dans les habiletés verbales	54
II.6. Les différences sexuelles dans les habiletés visuo-spatiales	56
II.7. L'étude des effets de présentation intermodale	71
Méthode	72
I. Sujets	72
II. Procédure générale	72
III. Epreuves	74
III.1. Horizontalité du niveau d'eau	74
III.2. Mémoire spatiale de la localisation d'objets non familiers	77
III.3. Navigation dans un espace virtuel en 3D	79
III.4. Fluences verbales et connaissances géographiques	84
Résultats et discussions	87
I. Le test d'horizontalité du niveau d'eau	87
II. La mémoire spatiale d'objets non familiers	88
III. Les capacités de navigation	91
III.1. Mesures de la performance	92
III.2. Mesures des représentations mentales	96
IV. Les fluences verbales	100
V. Les connaissances géographiques	101
Conclusions	105
Bibliographie	106

Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur, Monsieur le Professeur José Junça de Morais pour les libertés qu'il m'a accordées dans la conception et la réalisation de mon travail, pour ses critiques constructives, ainsi que pour le goût de la psychologie cognitive qu'il m'aura inspiré au cours de mes études.

Toute ma reconnaissance revient à Monsieur Romain Martin pour sa disponibilité, son aide et surtout pour le dispositif expérimental qu'il a mis à ma disposition.

Je remercie Monsieur le Professeur Dave Geary de m'avoir fait parvenir une partie de son manuscrit avant même sa publication, Monsieur le Professeur Irwin Silverman pour ses commentaires prompts et précieux.

Je remercie également toutes les personnes qui ont activement participé à la réalisation de mon étude, soit comme sujets d'expérience, soit comme correcteurs.

Je remercie Sylvie Evinck de m'avoir permis de tester dans sa salle d'expérience et d'avoir «fait de la pub» pour mon expérience.

Je remercie cordialement Monsieur Thierry Claes, Monsieur Partick Fery et Monsieur le Professeur Daniel Holender de m'avoir autorisé à recruter des participants aux pauses de leurs travaux pratiques et cours.

Finalement, je remercie ma famille ainsi que mes amis Christian, Vincent, Lucien, Myriam, Anne, et surtout Cathy. Ils sauront pourquoi.

Résumé

Le présent travail s'appuie sur les modélisations de la psychologie évolutionniste pour prédire certaines différences liées au sexe dans les habiletés verbales et visuo-spatiales, notamment les capacités de navigation spatiale (MARTIN, 1998), l'horizontalité du niveau de l'eau (ROBERT, 1990), les connaissances géographiques, la mémoire spatiale (EALS & SILVERMAN, 1994) et les fluences verbales. Le présent travail étudie notamment l'intervention potentielle de processus verbaux dans le traitement des informations visuo-spatiales. A cette fin des conditions de présentation intermodale ont été introduites, exigeant des traitements verbaux sur des représentations visuo-spatiales à différents niveaux. Les résultats significatifs obtenus vont tous dans le sens d'un avantage masculin: dans les capacités de navigation, la maîtrise de l'horizontalité du niveau de l'eau, les connaissances géographiques (noms de pays) mais également dans la mémoire spatiale des objets, ainsi qu'à la tâche de fluence verbale sur les noms d'animaux. Aucun avantage féminin significatif n'a été trouvé pour les tâches «féminines». Ceci met en cause les généralisations qui peuvent être tirées des résultats du présent échantillon. Les performances dans les conditions expérimentales exigeant un encodage verbal des informations visuo-spatiales sont similaires à celles dans les conditions classiques, ou bien elles ne sont pas nécessairement liées à des traitements langagiers, ne permettant donc aucune conclusion décisive quant à l'intervention de processus verbaux dans le comportement de navigation ou de mémoire spatiale. La tâche de fluence verbale sur les noms de pays a mené à un avantage masculin important, suggérant une supériorité des hommes à accéder rapidement à des informations représentées en mémoire à long terme sous un format spatial. Cependant la précision spatiale de ces représentations géographiques serait assez faible, comme le suggèrent les résultats à une épreuve sur les localisations relatives des pays du continent américain. Il semble que la qualité du discours spatial dépendrait plus de la qualité de la représentation spatiale que des capacités verbales.

Préface

«It is frightening and perhaps even un-American to consider the possibility that even a small portion of the sex differences in spatial abilities (or any cognitive ability) may be attributable to biological factors.»

-- Halpern (1986)

Diane Halpern est l'une des figures emblématiques de la recherche scientifique sur les différences entre hommes et femmes dans les habiletés cognitives. Nous ne pouvons que constater sa prudence extrême lorsqu'elle parle de causes biologiques éventuelles des différences liées au sexe dans des capacités intellectuelles. En effet, cette thématique est délicate. Elle suscite des débats animés tant au niveau de la communauté scientifique que du large public et ne peut laisser indifférents tous ceux qui s'intéressent aux domaines de l'éducation, de la politique et du social. L'étude des différences entre les sexes est d'autant plus controversée que des explications de type biologique sont invoquées. Mon approche s'insère dans cette mouvance actuellement courante en neurosciences cognitives, mais en essayant de la dépasser, au moins au niveau de la réflexion théorique. Je mettrai notamment en évidence les implications inhibantes du débat inné-acquis dont la psychologie et les neurosciences ont hérité des philosophes de la Grèce antique. En effet, je ne crois pas que la juxtaposition de «preuves» en faveur de telle ou telle explication (héréditaire ou environnementaliste) nous permettra de surmonter ce questionnement. Qui dit Nature dit déterminisme génétique, mais qui dit Culture dit déterminisme social. Aucune de ces positions ne me semble moins tyrannique. Au contraire, je suis convaincu qu'il faut aller au-delà d'une conception de type opposition. Je crois qu'il faut arrêter de croire que Biologie et Culture sont des termes qui s'excluent. En effet, la Culture est dans notre Nature.

Afin de proposer une solution constructive à ce débat central en psychologie, je discuterai de l'utilité d'un cadre théorique très prometteur qui a récemment fait irruption, mais qui reste aussi largement mal compris et controversé: la théorie de l'évolution. C'est dans cette optique qu'il m'a semblé indispensable d'éclaircir mes propos, mes hypothèses et ma démarche expérimentale. Je ne crois pas qu'il aurait été judicieux de présenter simplement mes prédictions théoriques suivies des

résultats empiriques trouvés, car nombreux sont actuellement les malentendus, les mauvais usages et les imprécisions dans le domaine des différences entre les sexes (HALPERN, 1992). A cette fin, j'énoncerai la position théorique que j'adopte ici, sans omettre de préciser les implications qui lui sont souvent faussement attribuées. Même si cette discussion théorique peut sembler lourde et sans rapport direct avec mon étude, je suis personnellement persuadé qu'elle est indispensable si nous voulons donner un nouveau fondement théorique rigoureux aux sciences de la cognition et en particulier aux recherches sur les différences liées au sexe dans les capacités cognitives, car nombreuses sont les impasses dans ce domaine. En effet, je crois que la position adoptée ici quant à l'existence de différences évoluées entre hommes et femmes, s'écroulera ou s'affirmera conjointement avec notre appréhension de la nature humaine, de ses rapports à notre histoire ancestrale et des forces qui l'ont forgée, donc du parcours évolutif de notre système cognitif commun aux hommes et aux femmes.

Le lecteur moins porté vers les longs débats théoriques pourra, sans crainte, se lancer directement dans le vif du sujet -- les différences liées au sexe dans les habiletés verbales et visuo-spatiales -- en commençant sa lecture au chapitre sur «L'évolution des différences sexuelles» (p. 31).

Introduction

La thèse du présent travail est que les architectures cognitives des hommes et des femmes connaissent certaines différences qui répondent à des problèmes adaptatifs différents et résultent donc des processus de l'évolution. La citation suivante éclaircira notre propos:

*«Men and women have different **bodies**. The differences are the direct result of evolution. Women's **bodies** evolved to suit the demands of bearing and rearing children, and of gathering plant food. Men's **bodies** evolved to suit the demands of rising in a male hierarchy, fighting over women and of providing meat for a family.*

*Men and women have different **minds**. The differences are the direct result of evolution. Women's **minds** evolved to suit the demands of bearing and rearing children, and of gathering plant food. Men's **minds** evolved to suit the demands of rising in a male hierarchy, fighting over women and of providing meat for a family.»*

-- Ridley (1994, pp. 239-40, mise en évidence ajoutée)

Selon Matt Ridley (1994, p. 240), chercheur en zoologie à Oxford, «le premier paragraphe est banal; le second inflammatoire»¹. En effet, actuellement plus personne ne doute sérieusement de l'origine de nos organes, des processus qui les ont façonnés² et de leurs fonctions spécifiques. Les **corps** des hommes et des femmes sont différents et ces différences constituent des réponses adaptées aux problèmes différents que nos ancêtres ont affrontés au cours de la majorité du passé de notre espèce. Cependant, la proposition que les hommes et les femmes auraient des **esprits**³ différents pour des raisons biologiques est contraire à tout «*social scientist and politically correct individual*» (RIDLEY, 1994, p. 240). Or Ridley croit qu'elle est vraie pour deux raisons: premièrement la logique est irréprochable, deuxièmement

¹ Traduction personnelle (trad. pers.).

² Nous utiliserons le verbe «façonner» pour traduire le terme anglais «*to design*», dans le sens particulier de la théorie de l'évolution et non dans une optique finaliste.

³ Ici le terme français «esprit» doit être compris dans le sens du terme anglais «*the mind*», plus neutre au niveau de ses connotations philosophiques -- et compatible avec une approche matérialiste des phénomènes psychologiques -- que les termes «*spirit*» ou «*soul*» par exemple.

les preuves sont pléthoriques (1994, p. 240). Ces deux raisons seront discutées de façon détaillée dans la suite.

La première partie du présent travail sera par conséquent constituée d'une discussion théorique gravitant autour de la question de l'évolution de l'esprit humain (*mind*), de son architecture cognitive et d'éventuelles différences liées au sexe, alors que la deuxième partie traitera des évidences empiriques nous permettant d'affirmer de façon nuancée l'existence de différences évoluées entre hommes et femmes et d'en discuter la nature. La question de la nature de ces différences sera multiple et concernera plusieurs types d'analyses (e.g., en termes de différences des processus cognitifs, des niveaux de performance et des stratégies cognitives). Suite à ces discussions nous présenterons, dans la troisième partie, l'étude expérimentale des hypothèses que nous aurons formulées à propos de l'existence et de la nature des différences liées au sexe dans certaines capacités cognitives sélectionnées. De toute évidence cette étude empirique ne sera pas exhaustive; elle se limitera notamment à deux catégories de capacités cognitives -- dites verbales et visuo-spatiales⁴ -- pour des raisons exposées ci-dessous.

I. La logique

«[...] over long stretches of evolutionary time men and women have faced different evolutionary pressures, so the ones who succeeded will have been those whose brains produced behaviours well suited to those pressures.»

-- Ridley (1994, p. 240, mise en évidence ajoutée)

Reformulons cette phrase en remplaçant les termes soulignés par des termes plus généraux:

Over long stretches of evolutionary time humans have faced certain evolutionary pressures, so the ones who succeeded will have been those whose brains produced behaviours well suited to those pressures.

⁴ Notons dès maintenant que nous n'utiliserons ces termes génériques (verbal et visuo-spatial) que par convention et par souci de simplicité, nous montrerons précisément qu'ils ne sont pas adéquats pour décrire les différences de capacités cognitives entre hommes et femmes.

Il semble alors évident que nous ne pouvons discuter de l'évolution de différences sexuelles dans les capacités cognitives sans discuter de l'évolution et de la nature de la cognition humaine en général. En effet, la possibilité même que les cerveaux des hommes et des femmes diffèrent et que cette différence soit en relation avec des comportements adaptés à des pressions sélectives différentes dépend crucialement (1) de la possibilité que l'organisation cognitive actuelle reflète des solutions adaptées aux problèmes rencontrés de façon récurrente par nos ancêtres au cours de l'histoire évolutive de notre espèce et (2) de la possibilité que l'organisation neurocognitive corresponde à un système complexe hétérogène (i.e., modulaire) répondant à des problèmes spécifiques. Ces deux aspects seront discutés en détail dans la suite.

I.1. L'évolution de l'esprit

«*Psychology will be based on a new foundation.*»

-- Charles Darwin (cité dans PINKER, 1997, p. 22).

Charles Darwin, le père de la théorie de l'évolution par sélection naturelle, affirmait dans «*On the Origin of Species*» (1859/1965) que sa théorie expliquait non seulement la complexité du corps d'un animal, mais aussi la complexité de son esprit. Il croyait que la psychologie, à l'image de la biologie, connaîtrait une nouvelle base scientifique. Mais sa prédiction reste largement inaccomplie. Plus d'un centenaire après que Darwin a écrit ces mots, l'étude de l'esprit reste amplement «*Darwin-free*» (PINKER, 1997).

D'un côté, l'esprit est conceptualisé comme un système dont l'architecture évoluée est homogène (version *hard* de la *tabula rasa*), ou du moins très peu complexe (version *light* de la *tabula rasa*) et surtout en ce qui concerne les «fonctions mentales supérieures»⁵. Nombreux sont les courants en psychologie qui tentent de réduire le fonctionnement mental à un nombre limité de lois fondamentales et, de préférence, générales. Nous verrons qu'une telle conception -- proposant le moins de mécanismes fonctionnellement spécialisés possible -- apparemment parcimonieuse, ne l'est pas à la lumière des principes de la sélection naturelle.

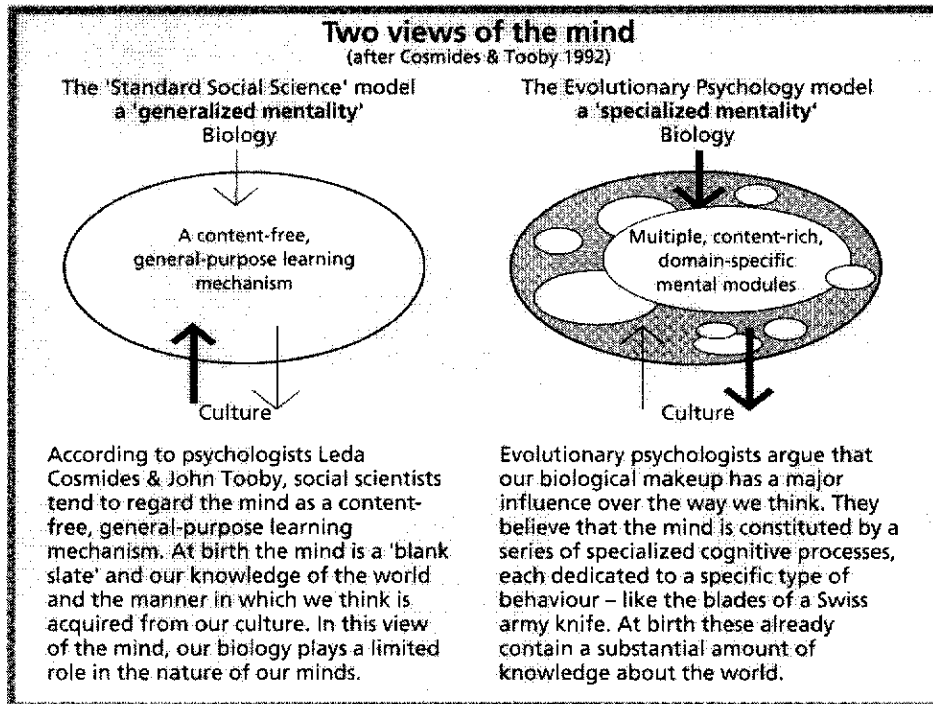
⁵ voir Fodor (1983), par exemple.

D'un autre côté, même si la complexité de l'architecture cognitive est reconnue, ses origines et sa fonction ne sont guère considérées. «[Alors que] le but des sciences cognitives est d'isoler des sous-unités du cerveau fonctionnellement intégrées et de déterminer comment ils opèrent, [...] la plupart des chercheurs poursuivent cette entreprise sans avoir une idée précise de ce que "fonction" signifie en biologie [...] Les sciences cognitives ont été menées comme si Darwin n'avait jamais vécu. [...] Lorsqu'un circuit neuronal est découvert, très peu de scientifiques posent la question de sa fonction adaptative. [Et] plus rares encore sont les recherches qui utilisent les théories [évolutionnistes] comme outils pour découvrir des systèmes neuronaux [ou cognitifs] non découverts à l'heure actuelle» (COSMIDES & TOOBY, 1995 p. 1199, trad. pers.). L'évolution est même considérée comme insignifiante, hérétique ou seulement adaptée à des spéculations nocturnes autour d'une bière (PINKER, 1997, pp. 22-3).

Cependant, selon Steven Pinker du MIT, l'allergie envers l'évolution dans les sciences sociales et cognitives a été une barrière à notre compréhension de «*how the mind works*» (1997, p. 23). En effet, nombre de conceptions actuellement courantes en sciences cognitives et sociales sont fortement opposées à une vision évolutionniste de la cognition humaine. Ces conceptions refusent catégoriquement une approche darwinienne ou du moins se désintéressent des intérêts d'une telle approche pour l'étude de la cognition humaine et certaines défendent de surcroît une position radicalement environmentaliste. L'influence de ces positions anti-darwiniennes en psychologie est importante et nous force à discuter de façon explicite et approfondie la perspective évolutionniste avant de pouvoir l'appliquer à la question qui anime le présent travail. Mais, avant même de discuter les avantages, voire la nécessité de l'approche évolutionniste en psychologie, nous mettrons en évidence les impasses importantes des conceptualisations anti-darwiniennes (ou du moins a-darwiniennes) de la cognition humaine. Dans cette perspective, nous discuterons plus particulièrement deux aspects qui en découlent: la théorie de la table rase et l'agnosticisme fonctionnel. Il s'agit de deux aspects souvent concomitants, mais dissociables en principe. Nous verrons notamment que certains auteurs en neurosciences cognitives, alors qu'ils s'éloignent d'une vision tabula rasiste, continuent tout de même à pratiquer un certain agnosticisme à l'égard des fonctions adaptatives de l'architecture cognitive et par conséquent à

l'égard de la valeur heuristique de l'approche évolutionniste. Enfin, après chacune des discussions de ces deux aspects nous traiterons brièvement des interprétations des différences cognitives liées au sexe qui en découlent.

FIGURE 1. Deux visions de l'esprit humain (repris de MITHEN, 1996, p. 14).



1.1.1. Le Modèle Standard des Sciences Sociales

«There is nothing in the intellect that was not first in the senses.»

--Thomas d'Aquin

Le Modèle Standard des Sciences Sociales est souvent associé à la métaphore de l'éponge ou encore de l'ordinateur à fonction générale. L'image de l'éponge, qui absorberait les stimulations, les expériences, les connaissances, peut apparaître comme un modèle assez adéquate pour expliquer ce que l'on observe, à première vue, chez les enfants qui apprennent plein de choses en si peu de temps, comme s'ils absorbaient littéralement tout ce qui les entoure. Ils apprendraient donc par «immersion» dans l'environnement (social, culturel, physique). Ces apprentissages se feraient facilement par un mécanisme d'apprentissage générique (e.g., l'induction, l'imitation). De même, l'ordinateur, qui emmagasine de nombreuses données dans

sa mémoire et qui accomplit des calculs très rapides, a été considéré par certains comme un bon modèle des apprentissages et comportements humains. Toute l'intelligence de l'ordinateur réside dans l'*input* qui lui est fourni par l'environnement. Pour augmenter ses «connaissances», il suffit de lui fournir plus de données; pour augmenter ses performances, il suffit d'élargir ses capacités de mémoire ou sa rapidité de calcul.

Cependant nous verrons que de telles visions de la cognition et *a fortiori* des acquisitions précoces (souvent réalisées sans aucune instruction explicite ni grande dépense d'efforts intellectuels apparente) ne sont pas tenables pour différentes raisons que nous exposerons plus loin. Notons juste que l'une des caractéristiques les plus capitales de tout apprentissage est de «filtrer» les données non pertinentes (voir PLOTKIN, 1997), d'avoir des hypothèses privilégiées sur ce qui est important (à induire des données brutes, à imiter chez les parents, les compères) et ce qui ne l'est pas. Au cas contraire, nous devrions nous attendre à ce que les enfants, de même que les adultes, produisent spontanément beaucoup d'hypothèses «ridicules» sur la réalité qui les entoure. Ces hypothèses devraient alors se baser sur toutes les corrélations élevées existant entre une multitude de phénomènes⁶, car tel est le mode de fonctionnement de l'esprit que prédisent les théories empiristes, tabularasistes. Le dénominateur commun des théories empiristes de la cognition humaine a été caractérisé par Leda Cosmides et John Tooby (1992, 1994) dans leur description du «Modèle Standard des Sciences Sociales»:

«This model's fundamental premise is that the evolved architecture of the human mind is comprised mainly of cognitive processes that are content-free, few in number and general purpose. [...] In other words, they [are] assume[d] to operate uniformly, no matter what content, subject matter or domain of life experience they are operating on. [According] to the doctrine central to behavioral and social sciences [...] all our particular mental content originated in the social and physical world and entered through perception» (COSMIDES & TOOBY, 1994, pp. 54-5).

Cette conception est devenue l'orthodoxie en anthropologie, en sociologie et en psychologie (voir COSMIDES & TOOBY, 1992).

⁶ dont nous ne nous rendons même pas compte, puisqu'elles ne correspondent à rien de significatif par rapport à notre héritage ancestral.

«Certains pourront penser que la perspective évolutionniste supporte la vision selon laquelle notre architecture cognitive consiste principalement en un ensemble de mécanismes généraux **puissants** de résolution de problèmes. Après tout, un organisme ne serait-il pas mieux équipé et mieux adapté s'il pouvait résoudre un vaste ensemble de problèmes généraux plutôt que des problèmes très spécifiques? [Nous verrons dans la suite qu'une telle] conception empiriste, [alors que très courante en psychologie], n'est pas compatible avec les principes évolutionnistes, pour la simple raison que les mécanismes généraux de résolution de problèmes, libres de contenu, sont extrêmement faibles -- voire inertes -- par rapport à des mécanismes plus spécialisés» (COSMIDES ET AL., 1994, p. 55, trad. pers., mise en évidence ajoutée).

L'empirisme ou la théorie de la table rase

Nous reprenons ici un résumé des arguments présentés par Cosmides et Tooby (1994) à l'encontre des théories empiristes de la cognition, postulant des architectures cognitives exemptes de contenus (*content-free*) et à fonction générale (*general-purpose*). La logique générale qui sous-tend leur critique d'une vision homogénéisante des processus cognitifs est la suivante: Si nous pouvons montrer que les problèmes adaptatifs essentiels sont tels que les humains sont capables de les résoudre mais que les mécanismes de résolution généraux ne le sont pas, alors l'hypothèse de l'organisation *domain-general* est insuffisante. Ils pensent précisément pouvoir affirmer l'existence d'un grand nombre de tels problèmes.

(1) Le problème du critère de l'adaptativité

Une architecture cognitive équipée seulement de mécanismes indépendants du contenu particulier du problème à résoudre doit appliquer les mêmes procédures à chaque problème adaptatif. Or, il n'existe aucun critère général de succès ou d'échec qui est en relation avec la «*fitness*». Par exemple, ce qui correspond à un «bon» partenaire sexuel a très peu en commun avec ce qui compte comme un «bon» repas, ou un «bon» habitat. Il faut donc qu'il y ait autant de sous-systèmes spécifiques (*domain-specific*) qu'il y a de domaines pour lesquels les définitions de comportements avantageux varient et s'opposent (d'après COSMIDES ET AL., 1994, p. 56).

(2) L'explosion combinatoire

Une architecture libre de contenus et de spécialisations ne contient, par définition, pas de règles d'importance (*relevance*), c'est-à-dire, des connaissances procédurales ou des hypothèses privilégiées⁷, et par conséquent ne peut résoudre aucun problème biologique de complexité courante dans le laps de temps, pendant lequel un organisme est «vivement invité» à le faire. (d'après COSMIDES ET AL., 1994, pp. 56-7).

Plotkin (1997, p. 173) pose le même problème de façon légèrement différente, mais plus claire encore, lorsqu'il demande: «*is a tabula rasa learner possible?*» Sa réponse est «oui, mais». Oui en théorie, mais non en pratique, car la vie serait trop courte. Selon lui, le problème est que le monde autour de nous peut être divisé, décrit et appris de millions de façons différentes. Un mécanisme d'apprentissage, véritablement *general-purpose*, qui apprend entièrement sans contraintes -- concernant ce qui est crucial (*relevant*) -- se lancerait, par hasard, à récolter de l'information dans ce qui représente un espace infiniment large de possibilités sur un chemin parmi un nombre infiniment large de trajectoires de recherche possibles. Les chances qu'un tel appareillage apprenne quelque chose de biologiquement utile, dans les limites d'une seule durée de vie, sont extrêmement petites. La seule façon de résoudre ce problème, encore connu sous la dénomination du problème des explosions combinatoires ou *frame problem*, est d'avoir d'énormes intervalles de temps, pendant lesquels sont recherchées et conservées de façon sélective les connaissances à gagner dans un champs de potentialités⁸ aussi vaste. Et c'est justement ce que fait l'évolution (PLOTKIN, 1997, p. 173). Elle gagne des informations sur le monde à travers de multiples générations d'organismes, les conserve de façon sélective par rapport à un critère d'efficacité relative, et ces informations ou connaissances sont conservées dans le pool génétique de l'espèce. «*Every human, every learner of any species, begins its life knowing what it has to learn and be intelligent about -- we all come into the world with the search space that we have*

⁷ Les hypothèses privilégiées, loin d'être immuables, prédisent ce qui est le plus probable à la lumière des attentes phylogénétiquement développées.

⁸ Nous avons choisi le terme «champs de potentialités» pour traduire le terme anglais *search space*, pour signaler l'étendue des possibilités d'organiser les stimuli du monde environnant.

to work in quite *narrowly defined*. [...] The notion of a tabula rasa learner is biologically inconceivable» (PLOTKIN, 1997, pp. 173-4, mise en évidence ajoutée).

(3) Les environnements sans indices

Dans la même ligne de pensée Cosmides et Tooby (1994) soulignent que les architectures sans contenu spécifique, donné *a priori*, sont limitées dans leur connaissance sur ce qui, à partir de l'information perceptive, peut valablement être dérivé par des processus d'inférence généraux. Ceci limite de façon dramatique l'étendue des problèmes qu'ils peuvent résoudre: lorsque l'environnement est sans indices (*clueless*) -- quant à la validité des inférences réalisées -- le mécanisme le sera aussi. Par contre, les mécanismes spécifiques ne sont pas limités dans ce sens. Ils peuvent être «construits» afin d'implémenter les indices qui remplissent les blancs lorsque les informations perceptives manquent ou sont difficiles à obtenir (conditions d'incertitude). En effet, la sélection naturelle prend en compte les résultats de génotypes alternatifs opérant dans un environnement réel, sur des millions d'individus, sur des millions de générations, et «mesure» le succès de ces alternatives par la distribution statistique de leurs conséquences: les traits du «design» qui, de façon statistique, ont mené à la meilleure issue disponible sont retenus (d'après COSMIDES ET AL., 1994, p. 57).

Une version «light» de la *tabula rasa*⁹

Certains chercheurs en psychologie cognitive acceptent volontiers la conclusion que l'esprit humain ne peut être construit seulement de «pièces» libres de contenu, tout en continuant de croire qu'il nécessite très peu d'organisation spécialisée. Ils croient que la majorité des processus mentaux sont libres de contenu et opèrent sur un mode de fonctionnement général. De plus, ils croient que l'hypothèse correcte -- la position scientifique prudente, parcimonieuse -- est de postuler un minimum de mécanismes spécialisés. Nous qualifierions une telle position de version *light* de la théorie de la *tabula rasa*, dans le sens où l'architecture cognitive ne refléterait pas une organisation entièrement, mais tout de même **majoritairement**, amodulaire (e.g., FODOR, 1983). Selon cette position, les processus périphériques (sensoriels)

⁹ Dans la suite de cette section, nous rapportons librement l'argumentation de Cosmides et al. (1994, pp. 58-60).

sont considérés comme modulaires, mais les processus dits «centraux»¹⁰, pour ne pas dire la majorité de l'architecture cognitive, opéreraient sur un mode général et indépendant du contenu des problèmes qu'ils sont sensés résoudre.

Critiques

Cependant une telle position, alors qu'elle peut sembler plus judicieuse, ignore complètement ce que nous savons sur la nature des processus évolutifs et le type d'organisation fonctionnelle qu'ils produisent. Il s'agit de processus qui tendent à remplacer les plans de construction (*designs*) moins efficaces par d'autres qui ont une meilleure performance.

De ce point de vue, l'hypothèse d'une machinerie cognitive à fonction générale n'est ni prudente ni parcimonieuse. En effet, les mécanismes à fonction générale ne peuvent résoudre la majorité des problèmes adaptatifs, et, pour les quelques cas où ils le pourraient, un mécanisme spécialisé est, très probablement, plus efficace. En effet, il existe un principe général en ingénierie qui dit qu'une même machine n'est que rarement capable de résoudre deux problèmes différents à des degrés de succès équivalents¹¹. Il en résulte que les ingénieurs construisent inmanquablement des machines spécialisées à la résolution de problèmes spécifiques. Le même principe s'applique à la «construction» du corps humain, avec ses organes spécialisés dans des tâches différentes. En effet, plus le problème adaptatif est important (difficile), plus la sélection naturelle tend à spécialiser et à améliorer la performance du mécanisme qui doit le résoudre.

Il n'y a aucune raison de croire que le cerveau et l'esprit humains représentent des exceptions à ce principe de tendance à la spécialisation. Différents problèmes de traitement de l'information connaissent généralement des solutions différentes. Comme des mécanismes spécialisés et fonctionnellement distincts ont tendance à être plus rapides, plus fiables et plus efficaces que des mécanismes généraux, on peut

¹⁰ «Processus centraux» est évidemment un terme qui n'est ni précis ni très spécifique dans le sens où il témoigne plus de notre ignorance actuelle, que d'une définition détaillée, des processus intervenant à ces niveaux de traitement.

¹¹ L'utilisation d'un pneu toute-saison (*general-purpose*), par exemple, représente très rarement une meilleure solution que l'utilisation spécifique d'un pneu d'hiver et d'un pneu d'été, chacun dans les conditions particulières pour lesquelles il a été construit. Il s'agit de deux problèmes fondamentalement différents, soit l'adhérence à la neige, soit l'adhérence à une route sèche. Le pneu toute-saison représente dès lors toujours un compromis entre deux tâches mutuellement incompatibles, alors que le pneu d'été et le pneu d'hiver (les spécialistes) ne doivent pas opérer un tel

s'attendre à ce que l'architecture évoluée de l'esprit humain contienne beaucoup de spécialisations cognitives adaptatives fonctionnellement distinctes.

Interprétations des différences liées au sexe dans les capacités cognitives

Selon les différentes formes plus ou moins fortes de la théorie de la table rase, les différences entre individus (en l'occurrence entre hommes et femmes) proviendraient simplement de variations de taille des «éponges»¹² (métaphore du cerveau/esprit) et/ou de pression (lire «l'éducation», «la culture» ou encore «la société») exercée sur l'éponge avant qu'elle ne soit immergée dans l'eau (lire «les expériences», «les sensations», «les stimulations»).¹³ Un raisonnement similaire s'applique à la métaphore de l'ordinateur: la quantité initiale de capacité de mémoire, la rapidité de traitement et surtout la quantité de l'*input* (des connaissances, des programmes), éventuellement sa qualité, déterminent les différences entre individus.

Cette vision comporte un aspect positif, optimiste: si nous plaçons tous les individus dans les meilleures conditions d'apprentissage possibles, et leur fournissons les meilleures connaissances, alors ils développeront tous les mêmes, ou presque les mêmes, capacités. Les différences entre les sexes s'estomperaient alors, en même temps que les différences de l'environnement social, intellectuel et culturel diminueraient, voire disparaîtraient.

Cependant, cette vision connaît également un versant négatif, pessimiste: si les capacités intellectuelles (lire «les capacités d'apprentissage, fonctionnant selon le mode d'un généraliste») initiales sont petites, alors tous les apprentissages en souffrent invariablement, car les mêmes mécanismes d'apprentissage s'appliquent à tous les problèmes à résoudre. En d'autres termes, si l'on est bête, alors on l'est dans tous les domaines sauf peut-être pour les problèmes très faciles. Dans cette optique, les performances «cognitives» moins élevées des filles et des femmes, ou des «noirs», ne pouvaient être interprétées, de toute évidence, que comme des déficiences, comme un signe d'infériorité intellectuelle globale. Les meilleures performances à

compromis beaucoup moins efficace (René Reuter, communication personnelle).

¹² On remarquera l'analogie avec l'intelligence générale, le facteur g, de certains psychométriciens et leur conception de l'énergie disponible dans le système mental (voir GOULD, 1983 pour une analyse détaillée de ces idées).

¹³ voir aussi Mithen (1996, p. 34).

d'autres épreuves (e.g., de fluences verbales ou d'habiletés manuelles) ne changeaient rien à cette conclusion, et ne pouvaient, de surcroît, que témoigner de la «stupidité», de la «primitivité» de ces individus, car reflétant des performances à des tâches très peu «élevées», donc faiblement valorisées. De plus, les tests psychométriques utilisés avaient souvent très peu à voir¹⁴ avec ce que l'on comprendrait actuellement par «comportements intelligents» -- adaptatifs au sens de la biologie évolutionniste et que nous supposons présents chez tout individu humain normal. Les performances mesurées correspondaient donc plus aux conditions d'éducation différentes, qui étaient, et sont, plus que probablement défavorables pour les filles et les «races inférieures». Ces résultats ne pouvaient donc que confirmer les préjugés déjà existants.

Nous espérons avoir convaincu le lecteur des insuffisances, surtout théoriques, de cette conception quant à l'étude des processus cognitifs et donc également de différences sexuelles éventuelles dans ces processus. Nous nous en distancerons par conséquent de façon claire et nette dans la suite.

1.1.2. L'agnosticisme fonctionnel ou la négligence des causes lointaines

Par «agnosticisme fonctionnel» nous comprenons la tendance à négliger, volontairement ou non, dans l'étude scientifique du comportement et de la cognition (surtout humains) les aspects fonctionnels, c'est-à-dire les causes lointaines.

Le cerveau humain est sans doute le plus complexe des systèmes que des scientifiques aient jamais essayé de comprendre. En effet, l'identification de ses composantes est extrêmement difficile à réaliser. Rechercher des mécanismes fonctionnellement intégrés à l'intérieur d'un esprit plurimodal revient à rechercher une aiguille dans une meule de foin. Les chances que l'on en trouve un sont très faibles, à moins que l'on puisse réduire radicalement le «champs de recherche». (COSMIDES ET AL., 1994).

Selon Cosmides et Tooby (1994), les seuls scientifiques du comportement (*behavioral scientists*) qui dérivent encore leurs hypothèses des intuitions et de la

¹⁴ car trop artificiels et centrés sur des tâches scolaires.

psychologie naïve plutôt que d'une théorie basée sur l'évolution, seraient ceux qui étudient les humains: les psychologues (voir aussi COSMIDES ET AL., 1992). Cette attitude agnostique en psychologie a deux conséquences importantes que nous exposerons dans la suite: un manque de pouvoir explicatif (incomplétude des sciences psychologiques) et un manque d'orientation véritable des découvertes qui soit théoriquement rigoureuse et empiriquement fructueuse.

Manque de pouvoir explicatif

*«Nothing in biology makes **complete** sense
except in the light of evolution.»*

-- d'après Theodosius Dobzhansky (cité dans PLOTKIN, 1997, p. 1)

Le corollaire de l'empirisme est souvent la négligence d'un aspect important, voire indispensable à toute explication scientifique **complète**: l'importance des «antécédents historiques» (PLOTKIN, 1997, p. 8). En effet, les explications actuellement courantes dans le domaine des neurosciences cognitives et de la psychologie se centrent sur la formulation de lois sur les causes du comportement et de la cognition -- lois physiologiques ou psychologiques. La question de l'origine de ces lois du fonctionnement mental n'est que rarement posée de façon claire. Les modèles explicatifs proposés par de nombreux représentants des neurosciences cognitives se contentent de considérer ce que Henry Plotkin (1997, pp. 6-7) décrit comme «*now-and-forever causes*»¹⁵, à l'image de ce que la chimie et la physique de la Post-Renaissance postulèrent comme causes des phénomènes observés, causes omniprésentes et éternelles, donc valables à travers le temps et l'espace.

Nous sommes loin d'affirmer que les recherches sur les causes proximales du comportement sont inutiles ni qu'elles n'ont aucune valeur empirique, bien au contraire. Mais nous pensons qu'elles restent incomplètes et manquent ainsi de cohérence théorique et de pouvoir explicatif si elles négligent l'aspect d'historicité, d'évolution du système cerveau/esprit qu'elles étudient.

¹⁵ D'autres auteurs surtout en biologie (e.g., ALCOCK, 1993), mais aussi en psychologie (e.g., EALS & SILVERMAN, 1994) parlent ici de causes proximales pour se référer à ce type de facteurs explicatifs, terme que nous retiendrons dans la suite.

Le cerveau humain -- ainsi que l'esprit qui y est «implémenté» -- est un système hautement organisé dont la complexité de structure et de fonctionnement ne peut être expliquée que par l'intervention de causes proximales (e.g., les lois de l'apprentissage, lois neurophysiologiques). Son étude nécessite une prise en compte de ses causes distales (e.g., l'étude de l'évolution des différents processus d'apprentissage). En effet, Cosmides et Tooby (1994) affirment que pour les systèmes biologiques -- et les artefacts humains -- la structure physique existe parce qu'elle matérialise un ensemble de programmes; ces programmes existent quant à eux parce qu'ils résolvent chacun un problème particulier

Malgré ces constats, l'agnosticisme fonctionnel est souvent «pratiqué» parce que certains psychologues croient qu'il y a un «saut qualitatif» entre le règne animal et le règne humain, et que ce saut a été réalisé à l'aide de la «culture». Certes, la transmission culturelle des connaissances, par l'imitation, le dessin et le langage, a créé de nouvelles conditions de survie et de reproduction au sein de l'espèce humaine. Cependant nous ne croyons pas que pour autant l'homme soit découplé de la «Nature»; seul l'environnement «naturel», dans lequel il «voyage», a changé par rapport à celui qui existait avant l'explosion «culturelle». Il est vrai que les produits de l'esprit humain, que l'on pourrait résumer sous le terme de «culture», ont également connu un développement historique évolutif qui n'est pas sans importance pour l'explication et l'étude des causes actuelles (proximales) qui les gouvernent. Plotkin résume cette position par les phrases suivantes: «*Nurture has itself evolved. Nurture can only be fully understood in the light of historical cause. Nurture has Nature*» (1997, p. 37, mise en évidence ajoutée). L'étude des processus qui ont forgé la culture et la forgent encore est donc importante pour la compréhension de son fonctionnement actuel¹⁶. Nous en venons ainsi à la position épistémologique que la nature et la culture doivent être conjointement expliquées à l'aide de ces deux types de causes, proximales et distales, contrairement à ce que certains chercheurs -- tant en psychologie (e.g., Leon Kamin) qu'en biologie (e.g.,

¹⁶ Notons qu'une discussion approfondie de ce sujet nous semble dépasser le cadre du présent travail. Cependant son ébauche ici était nécessaire, car importante pour la discussion que nous mènerons sur le domaine des différences sexuelles. Maintes sont les positions qui postulent des causes socioculturelles de ces différences, sans se rendre compte que ces causes doivent également être l'objet d'une étude historique. On a souvent l'impression que ces positions supposent que la culture est donnée telle quelle, qu'elle est «tombée du ciel».

Richard Lewontin, Stephen J. Gould) -- semblent persister à croire, à savoir que «*sometime in the Pleistocene, evolution mysteriously stopped, but just for one sub-system of one mammalian genus, the nervous system of the genus homo*»¹⁷.

Manque d'orientation des découvertes

Il existe une raison très pragmatique qui nous pousse à croire que l'abandon de la position agnostique est indispensable.

Les théories de la fonction adaptative sont cruciales pour le développement futur des neurosciences cognitives, car sans elles les scientifiques de ce domaine ne sauront pas ce qu'ils doivent chercher ni comment ils doivent interpréter leurs résultats. Par conséquent, ils seront incapables d'isoler dans le cerveau des sous-unités fonctionnellement isolées, ce qui est précisément leur but. Ces théories constituent un guide indispensable dont nous avons besoin pour «retrouver notre chemin dans l'obscurité». Si nous continuons à opter pour l'agnosticisme fonctionnel nous resterons attachés à nos intuitions, qui souvent nous mèneront à des impasses et des situations difficiles à interpréter¹⁸ (d'après COSMIDES ET AL., 1994).

Interprétations des différences liées au sexe dans les capacités cognitives

Si nous pratiquons l'agnosticisme fonctionnel, quelle sera alors notre perspective sur les éventuelles différences entre hommes et femmes dans les capacités cognitives? Nous étudierions probablement, de façon empirique, les performances différentielles des femmes et des hommes. Nous observerions qu'il y a certaines épreuves qui mènent à des performances, en moyenne, différentes. Nous tenterions alors d'extraire les points communs entre les épreuves conduisant à des différences et nous les opposerions à celles qui n'en révèlent point. Nous étudierions certainement les facteurs causaux de telles différences. Ces facteurs pourraient être les hormones, les rôles assignés aux sexes dans une société donnée, la taille du cerveau, le développement plus ou moins grand du corps calleux, les expériences précoces, les activités de jeu, les conditions de l'éducation, et ainsi de suite. Nous pourrions

¹⁷ LYKKEN, D., The Edge, <http://www.edge.org>, mise en évidence ajoutée.

¹⁸ Nous verrons que ce constat est d'autant plus pertinent dans le domaine des différences cognitives liées au sexe, où les inconsistances des approches théoriques et des résultats empiriques ont mené à de maintes impasses non-négligeables.

continuer, à volonté, cette liste de facteurs proximaux responsables des différences de performance. Et surtout nous voudrions savoir quel type de causes est le plus important dans leur genèse. Cette approche est certes utile pour raffiner nos connaissances empiriques. Cependant nous risquons de postuler éventuellement des différences inhérentes entre l'Homme et la Femme qui ne sont absolument pas justifiables à la lumière de nos connaissances sur les processus évolutifs. Le fait que les filles et les garçons diffèrent éventuellement dans leurs connaissances de la poésie ou leurs performances aux échecs¹⁹, ne peut être, en soi, interprété comme une différence inhérente, stable et liée au sexe biologique. Il s'agit plus probablement d'un *by-product* d'un autre phénomène plus fondamental, éventuellement en rapport avec des différences sexuelles biologiques. Nul ne peut affirmer que jouer aux échecs, par exemple, ait constitué un problème adaptatif pour nos ancêtres chasseurs-cueilleurs.

«Kimura asked "Are men's and women's brains really different?" Her simple answer is "yes, of course", but the real question is how and how much.»

-- Halpern (1992, p. 139, mise en évidence ajoutée)

Si nous en croyons Diane Halpern, seules les questions du *comment* et du *combien* seraient importantes. La question du *pourquoi* ne serait pas pertinente. Cette position est emblématique de la position épistémologique que nous venons de discuter. Nombreux sont les chercheurs, tout à fait respectables, qui étudient les différences liées au sexe et qui partagent cette attitude particulièrement agnostique sur la question de l'origine ultime des différences entre les sexes. Rappelons que nous ne croyons nullement que les questions sur les causes proximales ne doivent être posées et étudiées.

«Psychologists have studied sex differences in behavior for a century, but they have shown little interest in their evolutionary origin. [...] Although the authors occasionally referred to proximate biological factors as possible causes of gender differences, not one [in the

¹⁹ Il s'agit d'exemples tout à fait fictifs.

author's review] mentioned their possible evolutionary significance!» (CRAWFORD, 1989, p. 13).

Pourtant la recherche des facteurs proximaux explicatifs peut être **plus efficace** si elle s'appuie sur une théorie fonctionnelle, qui prédit dans quels domaines nous pouvons raisonnablement nous attendre à de véritables différences entre les sexes.

1.1.3. Le modèle de la Psychologie Evolutionniste

Le défi de Darwin -- à définir de nouvelles bases -- a récemment été repris en psychologie par un groupe de chercheurs (e.g., Cosmides, Tooby, Pinker, Buss, Gazzaniga, Gigerenzer) qui définissent leur approche comme psychologie évolutionniste.

Définition de l'approche évolutionniste

«Evolutionary psychology is an approach to psychology, [...] not an area of study [...]. It is a way of thinking about psychology that can be applied to any topic within it» (Cosmides & Tooby, 1997²⁰, mise en évidence dans l'original).

La Psychologie Evolutionniste (PE) définit la psychologie comme une branche de la biologie dont les objets d'étude sont (1) le cerveau, (2) la façon dont le cerveau traite l'information et (3) comment les programmes cérébraux de traitement de l'information génèrent le comportement (op. cit.).

Les principes de la psychologie évolutionniste

«More nature allows more nurture. There is no zero-sum relationship between "nature" and "nurture". For Evolutionary Psychology, "learning" [in itself] is not an explanation -- it is a phenomenon that requires explanation.»

-- Cosmides & Tooby (Primer, mise en évidence dans l'original)

Le projet de la psychologie devient alors de connaître le fonctionnement de notre esprit à partir de ce qu'elle sait sur sa fonction. Du fait que la psychologie est

²⁰ *«Evolutionary Psychology: A Primer»*, syllabus de cours édité par Cosmides & Tooby, Center for Evolutionary Psychology, University of California, Santa Barbara.

conceptualisée comme une branche de la biologie, elle peut profiter des principes de cette dernière pour étudier fonction et structure de l'esprit humain, car tel est son but. Il en découle que la PE stipule quelques principes de base qui peuvent être appliqués à n'importe quel domaine de la psychologie (op. cit.; PINKER, 1997, p. 21):

- **Le cerveau est un système physique. Ses circuits ont été élaborés afin de générer des comportements appropriés aux conditions environnementales.**
- **L'esprit est ce que le cerveau fait; spécifiquement, le cerveau traite de l'information, et penser est une sorte de computation.**

Ces deux premiers principes rattachent clairement la PE au domaine plus vaste des neurosciences, dont le projet est de localiser dans le cerveau les fonctions cognitives et de préciser, au niveau physico-chimique, le fonctionnement des circuits de neurones responsables des comportements. Cependant elle va aussi au-delà d'une approche simplement physicaliste, dans le sens qu'elle insiste sur la formulation de théories dites computationnelles. Expliquer l'esprit ne peut se résumer à spécifier le fonctionnement physico-chimique du cerveau. Les programmes cognitifs sont implémentés dans le cerveau, mais en raison de leur succès à résoudre des problèmes de traitement de l'information (PINKER, 1997). De même, le premier principe énonce formellement l'importance de l'environnement de l'organisme dans le déclenchement du comportement. Après tout, la valeur -- en termes de survie et de reproduction -- d'un comportement se définit par son adéquation aux conditions de l'environnement.

- **Nos circuits neuronaux ont été façonnés par la sélection naturelle afin de résoudre les problèmes quotidiens que nos ancêtres chasseurs-cueilleurs ont affrontés durant la plus grande partie de l'histoire évolutive de notre espèce.**

L'adéquation des comportements générés par les circuits du cerveau est «mesurable» en termes de leur succès à résoudre les problèmes récurrents que nos ancêtres devaient affronter. Nous savons d'autres disciplines que pendant la majorité de l'histoire évolutive les humains vivaient dans des conditions environnementales dont le dénominateur commun est appelé environnement d'adaptation évolutive, environnement ancestral, ou EEA -- *environment of*

evolutionary adaptedness (COSMIDES ET AL., 1995). Le style de vie de nos ancêtres était «conditionné» par les données de cet environnement:

*«Ancestral hominids were savannah-living primates; omnivores, exposed to a wide variety of plant toxins and having a **sexual division of labor** between hunting and gathering; mammals with altricial young, long periods of biparental investment in offspring, pair-bonds, and an extended period of physiologically obligatory female investment in pregnancy and lactation. They were a long-lived, low-fecundity species in which **variance of male reproductive succes was higher** than variance in female reproductive success. They lived in small, nomadic, kin-based bands of perhaps 50 to 100; they would rarely have seen more than 1000 people at one time; they had little opportunity provisions for the future; they engaged in cooperative hunting, defense and aggressive coalitions; they made tools and engaged in extensive amounts of cooperative reciprocation; they were vulnerable to a large variety of parasites and pathogens (COSMIDES ET AL., 1995, p. 1208, mise en évidence ajoutée).*

- **L'esprit est organisé en modules ou organes mentaux, chacun avec un dessein²¹ spécialisé qui le rend expert dans un domaine d'interaction avec le monde.**

La multiplicité des problèmes qui se sont posés dans l'EEA a favorisé l'évolution d'une architecture cognitive fonctionnelle spécialisée (COSMIDES ET AL., 1994, pp. 64-5). Dire que l'architecture évoluée de l'esprit humain renferme de nombreux modules, spécialisés et riches en contenu, ne veut pas dire que toutes les performances cognitives actuelles renvoient **directement** à de tels modules:

«But, even after considering how cultural factors might account for some cognitive structure, the biological residual still appears to require more than a simple, unitary adaptation, such as a larger brain» (DONALD, 1991, p. 14).

- **Les différents problèmes pour nos ancêtres étaient des sous-tâches d'un seul grand problème de leurs gènes: maximiser le nombre de copies qui passent dans la prochaine génération.**

²¹ La signification du terme anglais *design* s'avère difficile à traduire. Nous avons opté ici pour le terme «dessein» puisqu'il rend bien cette idée de plan, de structure, mais aussi d'intentionnalité.

Ce qui correspond, en fin de compte, à un mécanisme psychologique adaptatif dépend de sa contribution à la survie et/ou au succès reproductif différentiel de l'organisme-porteur.

- **La logique primaire des modules est spécifiée par notre programme génétique.**

L'organisation de nos organes mentaux vient de notre programme génétique, mais cela ne signifie pas qu'il y a un gène pour chaque trait ou que l'apprentissage est moins important que les gènes (PINKER, 1997). Si le plan de base de nos modules mentaux n'était pas spécifié par nos gènes alors aucune transmission génétique des traits adaptés ne pourrait avoir lieu. De plus, il existe une tendance à ce que les comportements adaptés au cours de longues périodes soient de plus en plus spécifiés par les programmes du génotype. Il s'agit de l'effet Baldwin. Apprentissage et codage génétique ne sont pas des phénomènes opposés, mais complémentaires: les changements du génotype sont aléatoires et ne mènent quasiment jamais à un organe fonctionnel adapté dès son origine. Il s'agit d'un processus évolutif progressif qui rend nécessaire l'apprentissage de la capacité; apprentissage rendu possible et initié par les algorithmes du programme génétique. Cependant si les porteurs du gène (ou de plusieurs gènes) qui contribue à la construction du trait phénotypique (psychologique, par exemple), peuvent en profiter -- après un certain entraînement - - alors ce gène aura tendance à se propager dans le pool génétique. Cela ne veut pas pour autant dire que l'environnement et l'apprentissage perdent en valeur dans la détermination du comportement de l'individu.

En effet, selon Pinker (1997, pp. 32-3), «*if the mind has a complex innate structure, that does not mean that learning is unimportant*» (mise en évidence dans l'original). Afin d'illustrer ce point, Pinker nous invite à imaginer la situation suivante, dans laquelle il décrit un ordinateur superpuissant, ultra rapide, disposant d'une mémoire de travail gigantesque, équipé d'un appareillage de compréhension et de production de parole, connecté à l'internet, expert en une douzaine de domaines, et fourni avec des éditions de la Bible, de l'*Encyclopedia Britannica*, de l'oeuvre complète de Shakespeare, etc. Adopter, face à cet ordinateur, l'attitude opposant structure innée et stimulations externes serait absurde. Personne ne dirait alors:

«*Oh, so I guess you're saying that it doesn't matter what I type into the computer. With all that built-in structure, its environment can't be very important. It will always do the same*

thing, regardless of what I type in» (PINKER, 1997, p. 33).

Un équipement inné plus riche permet des apprentissages plus nombreux et plus riches qu'un équipement plus pauvre en connaissances innées.

- **Notre crâne moderne héberge un esprit de l'âge des pierres.**

«La sélection naturelle, le processus qui a façonné notre cerveau, prend beaucoup de temps pour élaborer des circuits d'une telle complexité. [...] L'environnement dans lequel les humains ont évolué était très différent du nôtre. Nos ancêtres ont passé plus de 99% de l'histoire évolutive de notre espèce en vivant comme chasseurs-cueilleurs. [...] La sélection naturelle étant un processus lent, il n'y a pas [encore] assez de générations pour qu'elle ait façonné d'autres circuits bien adaptés à notre vie postindustrielle. En d'autres mots, notre crâne héberge un esprit de l'âge des pierres» (COSMIDES ET AL., Primer).

De l'ensemble de ces principes découle un schéma d'investigation général qui consiste à poser et à étudier 4 questions fondamentales:

1. **Quelle est la localisation dans le cerveau de ces circuits et comment fonctionnent-ils au niveau physico-chimique?**
2. **Quel genre d'information est traité par ces circuits?**
3. **Quels sont les programmes de traitement d'information implémentés dans ces circuits?**
4. **Quelle est la fonction de ces circuits, quel est donc le problème adaptatif (dans le contexte ancestral de chasseurs-cueilleurs) qu'ils sont censés résoudre?**

Idéalement un programme de recherche se construit en partant de la question (4) pour remonter à la question (1). Les contraintes posées par la nature du problème dans le contexte ancestral et les solutions potentiellement efficaces limitent fortement les informations auxquelles le circuit particulier est probablement sensible. Nous avons discuté cette démarche dans le cadre de la critique adressée à la position agnostique.

Avantages de l'approche évolutionniste

La PE recèle certains avantages importants. Nous reprenons ici ceux mis en évidence par Charles Crawford (1989).

(1) Elargissement de notre compréhension des causes du comportement

Notre perspective sur les explications causales du comportement est élargie par la PE aux aspects fonctionnels, aux causes ultimes. Alors que les explications proximales (e.g., physiologiques, stimuli environnementaux) nous disent comment un comportement a lieu, les explications distales nous disent pourquoi il a lieu. La considération des causes ultimes peut aider les scientifiques (a) à mieux comprendre les facteurs environnementaux susceptibles de changer un comportement, (b) à déterminer les variables qui doivent être considérées comme causes proximales et lesquelles peuvent être considérées comme effets, et (c) à développer des explications à valeur générale plus grande.

(2) Développement d'une perspective critique pour évaluer les constructs psychologiques

L'approche évolutionniste peut nous aider à trancher sur la plausibilité de constructs psychologiques utilisés pour expliquer le comportement et la cognition. De nombreux concepts en psychologie seraient probablement invalidés si un biologiste portait son regard dessus, car ils reflètent une pensée biologique prémoderne, favorisant des conceptions réfutées en sciences biologiques, comme par exemple le «bien de l'espèce». Toute explication psychologique s'appuyant sur un raisonnement de ce type est donc suspecte et doit être analysée en profondeur. Il nous semble insoutenable de postuler l'existence de modules ou d'instincts pour **toute forme** de comportement ou de processus cognitif. Afin d'éviter cette impasse, la théorie de la sélection naturelle nous propose des critères stricts et empiriquement vérifiables pour établir l'intervention de facteurs génétiques dans le comportement ou le mécanisme psychologique en question. Ils doivent avoir eu un impact mesurable sur le succès reproductif dans les conditions environnementales (physiques et sociales) de nos ancêtres.

(3) Focalisation de l'attention sur les coûts et bénéfices de l'apprentissage

Il s'agit d'un point dont nous avons déjà largement discuté, qui peut être résumé de

la façon suivante: «From the premise that a complex environment offers many opportunities for learning fitness-reducing responses, Lumsden and Wilson (1981, 1983) have argued that a species without genetic constraints on the learning of culture must evolve toward having such constraints. [...] the speed of the evolution is a function of the complexity of the environment. Thus natural selection will equip the mind with specific rules and principles for learning about the world in an advantageous way» (CRAWFORD, 1989, p. 12, mise en évidence ajoutée).

(4) Focalisation de l'attention sur l'écologie

Contrairement à ce que beaucoup de psychologues croient, «le fait qu'un trait a une signification évolutive n'implique nullement qu'il ne peut pas être affecté par les conditions environnementales ni qu'il doit avoir une héritabilité élevée ni qu'il doit apparaître dans tous les individus de la même façon» (CRAWFORD, 1989, p. 15). Les circonstances écologiques (e.g., la disponibilité de ressources rares, le degré de compétition mâle-mâle) ne sont pas sans importance. Elles déclenchent précisément des conduites spécifiques prévues par le programme évolué. L'adaptation des modules cognitifs consiste justement à réagir de façon adéquate à ces conditions de l'environnement.

(5) Amélioration de notre compréhension des différences sexuelles

L'avantage de l'approche évolutionniste pour comprendre les différences psychologiques entre les hommes et les femmes est crucial pour le présent travail. Nombreuses sont les critiques adressées aux recherches sur les différences sexuelles qui relèvent les dangers d'une mise en évidence systématique de telles différences. Certains diront même qu'il ne faut arrêter de les étudier, pour des raisons éthiques, mais aussi pour des raisons liées à la pratique de publication scientifique (en l'occurrence la tendance à ne retenir que des résultats rejetant l'hypothèse nulle de conformité des moyennes) (voir aussi HALPERN, 1992, p. 3). D'autres diront, qu'il ne faut mener de telles recherches que si nous disposons de «bonnes raisons théoriques», qui permettent donc de prédire, de façon précise, des différences cognitives entre les sexes. Nous assumons que la théorie de l'évolution constitue précisément un tel cadre théorique susceptible d'avancer des hypothèses ciblées quant à l'existence de différences sexuelles, et de similitudes, dans le domaine de la cognition (BUSS, 1995). Notons cependant que, dès le départ, les représentants de la PE se sont empêchés d'étudier les différences entre individus et se sont beaucoup

plus axés sur l'étude des «universaux», des processus psychologiques dont tous les humains disposent, sauf pathologies graves au niveau de ces modules psychologiques spécifiques (e.g., l'autisme infantile correspondrait au dysfonctionnement du module qui nous permet d'avoir une «théorie de l'esprit»). Les différences interindividuelles, sous cette optique, résultent beaucoup plus des conditions particulières dans lesquelles les capacités évoluées se développent. Pinker (1997, p. 49) parle notamment de «*random variations in the assembly process [lire l'épigenèse] or from different life stories*».

Or, en ce qui concerne les différences entre les sexes, la situation semble légèrement, mais sensiblement, différente. Il semble manifeste que certains des problèmes adaptatifs diffèrent manifestement entre les sexes. Les questions importantes selon cette perspective concernent donc l'analyse des différences psychologiques entre les sexes en termes de problèmes adaptatifs différents, de mécanismes psychologiques correspondants, et de leurs causes proximales. A ceci l'on pourrait encore ajouter la question du locus cérébral des différences en question. Notons qu'il s'agit de l'application simple et nette du schéma d'analyse que nous avons établi dans le cadre général de l'approche évolutionniste (voir principes de la PE).

Quelques idées fausses - Ce que la Psychologie Evolutionniste ne dit pas!

Une idée fausse courante à propos de l'approche évolutionniste est, selon DeKay et Buss (1992, p. 185), qu'elle postulerait des instincts rigides, des patrons de comportements génétiquement inflexibles qui s'exprimeraient de façon invariable et seraient inaltérables par l'environnement. Rien ne serait cependant plus loin de cette approche qui insiste fortement sur l'analyse contextuelle à divers niveaux. Le premier de ces niveaux est le **niveau historique** qui correspond aux pressions sélectives exercées par l'environnement sur des milliers de générations. Le deuxième niveau correspond au **contexte ontogénétique** qui peut être divisé en deux aspects, (1) les expériences (précoces) pendant le développement peuvent conduire l'individu à adopter différentes stratégies (e.g., l'absence de père pendant l'enfance augmenterait la tendance à la promiscuité à l'âge adulte); (2) les expériences développementales peuvent mener à la définition de différents seuils nécessaires pour déclencher la réponse d'un mécanisme psychologique. La socialisation

différentielle des sexes fait évidemment partie des processus actifs au niveau de l'ontogenèse. (3) Le troisième niveau d'analyse contextuelle comporte des descriptions des *inputs* de la **situation immédiate**. Certains comportements ne sont déclenchés de façon spécifique que par certains contextes particuliers. Un des buts centraux de la PE est de spécifier et d'expliquer les diverses formes -- historiques, ontogénétiques et situationnelles -- de l'*input* contextuel (d'après DEKAY & BUSS, 1992, p. 185).

D'un autre côté la PE ne suppose pas que tout comportement observé aujourd'hui soit **nécessairement** adaptatif dans l'environnement local et actuel. Il peut d'ailleurs très bien constituer un comportement (externe ou interne) maladapté, comme divers cas de psychopathologie nous le montrent, par exemple les cas de phobie des serpents chez des personnes vivant dans une métropole en l'absence totale d'expérience antérieure avec des serpents, en contraste avec l'absence d'observations de «phobies des prises électriques» -- réponse tout à fait adaptée pour un enfant dans notre monde civilisé (PINKER, 1997).

Limites

Enfin, nous ne pensons pas que le modèle évolutionniste répond nécessairement, et lui seul, à toutes les questions que suscite l'étude de la cognition et qu'il ne peut jamais y avoir de modèle alternatif plus satisfaisant. Cependant pour le moment nous croyons -- en miroir de ce que Winston Churchill pensait de la démocratie -- que nous ne disposons d'aucun modèle moins mauvais.

1.1.4. L'intérêt des recherches sur les différences sexuelles

Nous avons vu quels pouvaient être les intérêts d'utiliser la théorie de l'évolution pour étudier les différences psychologiques entre les sexes. Avant de passer maintenant à la discussion sur l'évolution des différences sexuelles, nous voudrions brièvement noter quels peuvent être les intérêts de telles recherches pour l'étude de la cognition en général. L'étude des différences entre hommes et femmes peut nous fournir des renseignements sur des questions de la psychologie évolutionniste, de la psychologie différentielle et de la psychologie cognitive:

- à savoir une **meilleure connaissance des conditions précises de mesure** dans lesquelles on recherche **des processus cognitifs évolués**. En effet, si des différences prédites à partir de la théorie de la sélection sexuelle surviennent dans certaines conditions mais pas dans d'autres, alors qu'elles semblent très similaires (e.g., pour leur structure logique commune, la ressemblance des tâches administrées), on est en mesure de suggérer que les deux situations ne mesurent pas la même capacité, qu'elles ne reflètent pas les mêmes processus cognitifs, qu'elles n'induisent pas les mêmes stratégies de solution, que le contexte social ou affectif introduit des perturbations dans la mesure expérimentale réalisée;

- à savoir une **meilleure compréhension des différences individuelles** des membres du même sexe à l'aide des connaissances sur les mécanismes proximaux impliquées dans les différences entre les sexes (e.g., facteurs hormonaux dans la rotation mentale; contexte social compétitif/coopératif dans l'apprentissage des mathématiques);

- à savoir une **meilleure différenciation de processus cognitifs** (HALPERN, 1996) à l'intérieur de l'architecture mentale **ou de stratégies de résolution**. En effet, l'observation de différences dans le fonctionnement cognitif entre les sexes dans deux tâches relevant d'une supposée catégorie psychométrique permet d'inférer la dissociabilité de processus cognitifs que l'on supposait relever de la même capacité intellectuelle (e.g., les différentes capacités visuo-spatiales: la rotation mentale et la visualisation spatiale peuvent ainsi être considérée comme relevant de processus cognitifs réellement distincts). Les cas cliniques en double dissociation de la neuropsychologie jouent un rôle similaire dans l'établissement de l'architecture fonctionnelle du cerveau/esprit.

I.2. L'évolution des différences sexuelles

Nous avons précédemment vu quelles étaient probablement les conditions environnementales de l'EEA, conditions déterminantes pour l'évolution de l'architecture cognitive spécialisée de notre cerveau (voir p. 24). Nous n'avons pas insisté, à ce moment-là, sur les pressions sélectives différentes qui agissaient sur les hommes respectivement les femmes. Or, la description du «style de vie» de nos ancêtres chasseurs-cueilleurs laissait déjà entrevoir que des différences devaient

exister entre les «exigences cognitives» féminines et masculines. Nous tenterons de mettre en évidence quelles peuvent être certaines de ces différences dans deux domaines particuliers de la cognition, à savoir la cognition spatiale et la cognition verbale.

1.2.1. Les origines du dimorphisme sexuel

Selon Crawford (1989, p. 13, mise en évidence ajoutée), il y aurait au moins deux sources de pressions sélectives à l'oeuvre dans l'évolution du dimorphisme sexuel:

[1] «*The production and rearing of offspring may have resulted in some **specialization of roles** for ancestral males and females, with resulting selection for sexual dimorphism in physical body size, behavior, and brain development (Kimura, 1987; Tooby & DeVore, 1987).*

[2] *The other evolutionary explanation for sexual dimorphism is Darwin's theory of **sexual selection**, [the processes that] refers to differences in ability of individuals with different genotypes to acquire matings. [There are] two [sub]processes that are usually referred to as intrasexual selection and epigamic selection:*

[a] *In intrasexual selection the competition [generally] between males for acces to females produces selection pressure for increased physical size, organs of threat, and aggressiveness in males and differences between males and females on these traits.*

[b] *Epigamic selection is the result of female choice generating competition between males resulting in the elaboration of traits that females desire».*

A ces deux sources de pression de sélection s'ajoute une troisième, spécifique aux humains, que certains (e.g., GEARY, 1996) rattachent au processus de la sélection sexuelle²²:

[3] **la division sexuelle des tâches.** En effet, la division sexuelle des tâches (*sexual division of labour*) a changé considérablement les conditions de reproduction et de survie de nos ancêtres et constitue, par elle-même, une des grandes adaptations propres à l'espèce humaine (HALPERN, 1995).

²² «*Similarly, some influences on the sexual division of labor might also be considered under the broader definition of sexual selection*» (GEARY, 1996, p. 234).

La sélection sexuelle

Le processus évolutif qui est à l'oeuvre pour créer des différences entre les phénotypes masculins et féminins est appelé sélection sexuelle. La variable dépendante de ce processus est le taux de reproduction; pour le sexe avec le taux de reproduction plus élevé, le nombre d'opportunités de copulation est souvent le facteur limitant le succès reproductif, alors que ceci n'est guère le cas pour le sexe à taux de reproduction plus lent. Par conséquent, le «sexe rapide» dispose d'une foule de traits qui augmentent les opportunités de copulation. La théorie de la sélection sexuelle prédit donc que le sexe qui investit le plus dans la progéniture, par exemple au niveau physiologique, défini comme «sexe lent», est plus sélectif dans le choix du partenaire sexuel que l'autre sexe, appelé «sexe rapide», qui investit moins d'énergie minimale, ou qui peut en investir moins (en s'échappant simplement après l'accouplement), a tendance à être moins sélectif dans ce choix. Il en découle que le succès reproductif du «sexe rapide» dépend sensiblement du nombre de rapports sexuels qu'un individu de ce sexe peut avoir, alors que le succès reproductif du «sexe lent» dépend moins, souvent beaucoup moins, de la quantité, mais plus de la qualité des partenaires sexuels. Cette qualité peut se définir de multiples façons, pouvant aller de la qualité du matériel génétique fourni jusqu'aux investissements psychologiques et comportementaux dans la survie des petits (e.g, protection, alimentation, éducation procurées par le partenaire). De telles différences sexuelles évoluées sont typiquement sous le contrôle ontogénétique des hormones sexuelles. Les traits cognitifs et leurs bases neuroanatomiques sont les cibles probables de la sélection sexuelle (GAULIN, 1995, p. 1211).

La sélection sexuelle chez les humains

«In humans sexual dimorphism exists in size (men are larger), in physical aggressiveness (men are more physically aggressive), life span (women live longer), mortality (men have greater mortality rates at all ages), date of maturity (women mature earlier), and minimal parental investment (women make the greater minimal parental investment). Throughout history most individual men have mated monogamously. However, [...] variance of men's reproductive success exceeds that of women (Crawford, 1984). This evidence indicates that humans are a moderately sexually selected species» (CRAWFORD, 1989, p. 13, mise en évidence ajoutée).

Il se trouve donc que chez les humains, le sexe féminin est le «sexe lent» et le sexe masculin le «sexe rapide» et, par conséquent nous pouvons nous attendre à ce que les hommes et les femmes aient des stratégies de reproduction sensiblement différentes et que *«any related sex differences are likely to be associated directly with differences in the reproductive strategies of males and females»* (GEARY, 1996, p. 234).

La division sexuelle des tâches

Nous pouvons raisonnablement considérer que la division sexuelle des tâches chez nos ancêtres constitue un cas particulier du processus évolutif général de la sélection sexuelle. En effet, elle définit des pressions sélectives différentes pour les deux sexes. Ainsi se créent non seulement des situations de compétition entre les membres du même sexe (sélection intrasexuelle); mais se définissent aussi et parallèlement, chez les femmes, les «choix» des propriétés favorables qu'un homme doit préférentiellement avoir (e.g., être un bon chasseur) pour être considéré comme partenaire sexuel potentiel (sélection épigamique).

Chez les hommes, la division sexuelle des tâches semble avantager les mêmes capacités cognitives que celles déjà favorisées par la compétition mâle-mâle (donc aussi présentes dans d'autres espèces animales polygames) à l'égard de l'accès aux femmes (e.g., maîtrise d'un grand territoire).

Quant aux femmes, il semble que la division sexuelle des tâches ait ajouté des exigences cognitives qui ne sont pas directement liées à la sélection sexuelle, c'est-à-dire celles liées à l'activité de cueillette. Il s'agit d'un domaine de la cognition qui devrait présenter un dimorphisme sexuel plus prononcé chez les humains que chez d'autres espèces animales (sauf les cas, où des préférences alimentaires similaires existent indépendamment d'une division sexuelle des tâches; voir GEARY, à paraître).

1.2.2. Des pressions sélectives aux différences cognitives liées au sexe

De façon générale, on peut dire que l'action de pressions sélectives différentes devrait être telle qu'on observe un déplacement des distributions pour les capacités cognitives dans l'une ou l'autre direction pour les hommes, respectivement les femmes. Le résultat net d'un tel déplacement est que les différences liées au sexe

peuvent être trouvées dans les compétences moyennes des hommes et des femmes, de même qu'elles peuvent être détectées dans le nombre d'hommes et de femmes aux extrémités des distributions. Une autre prédiction théorique est qu'un recouvrement entre les distributions des hommes et des femmes existe (GEARY, à paraître).

Nous énoncerons ici quelques prédictions théoriques très générales sur les différences liées au sexe dans les capacités verbales et visuo-spatiales. Elles seront analysées et nuancées par la suite à la lumière des connaissances empiriques (rapportées dans le chapitre suivant).

Les capacités verbales

Selon Geary (à paraître), les femmes auraient plus tendance que les hommes à former des liens de réciprocité dans le cadre de relations une-à-une dyadiques, ce qui correspondrait plus à un style cognitif et social en relation avec la poursuite des intérêts reproductifs féminins dans l'EEA. Les hommes, quant à eux, auraient plus tendance que les femmes à former des groupes coopératifs dans le contexte de la compétition entre mâles. Leur utilisation du langage serait notamment plus en relation avec l'établissement de la dominance dans la hiérarchie sociale ou sociétale. Nous ne considérerons ici que l'avantage féminin dans les capacités verbales, pour des raisons d'économie²³. Quelles peuvent alors avoir été les moteurs évolutifs de la supériorité féminine dans les compétences liées au langage?

La compétition femme-femme

Le langage semble être un paramètre plus central dans la compétition femme-femme que dans la compétition homme-homme. Les filles et les femmes, au contraire des garçons et des hommes, «lutteraient» entre elles en essayant de rompre les liens sociaux de leurs concurrentes, ce qui serait largement exprimé par le langage. En d'autres termes, «*girls gossip about other girls, spread lies and rumours about their sexual behavior, tell secrets in attempts to control other girl's social behavior and so on* (Campbell, 1995; Crick et al., 1997; Grottpeter & Crick, 1996; Savin-Williams, 1987)» (GEARY, à paraître). L'importance du langage comme moyen de

²³ Les avantages féminins dans les compétences linguistiques sont d'ailleurs mieux documentés. L'étude des compétences linguistiques plus masculines et en relation avec le statut social s'avère

compétition entre filles/femmes aurait, selon Geary, mené à des pressions sélectives favorisant les compétences langagières primaires spécifiquement chez celles-ci, à l'image de la compétition mâle-mâle qui a rendu les hommes plus grands et plus forts, en moyenne, que les femmes.

Les habitudes de migration de nos ancêtres

Il est connu que chez nos ancêtres chasseurs-cueilleurs (GEARY, à paraître) les femmes, plus souvent que les hommes, changeaient de camp, de groupe d'appartenance, avec leur mariage. Elles allaient vivre avec la famille de leur mari. Un des problèmes récurrents pour les femmes était donc d'établir des relations sociales avec des individus qui n'étaient pas des parents biologiques, d'établir donc des relations se basant beaucoup plus sur le principe de réciprocité, d'équité, que les relations entre parents biologiques²⁴. Il semble que les réseaux sociaux soient majoritairement tissés à l'aide du langage. Il existerait donc chez les femmes une pression sélective spécifique favorisant l'acquisition de compétences langagières de type «féminin», c'est-à-dire «*socially enabling*» (GEARY, à paraître).

La dynamique des relations femmes-hommes

Etant donné que les hommes sont, en moyenne, plus forts et plus agressifs que les femmes, et qu'ils ont tendance à contrôler les femmes par la force (GEARY, à paraître), les femmes auraient énormément «profité» de leurs compétences verbales facilitant l'établissement et le contrôle des relations intimes et réciproques avec les hommes plus forts et potentiellement agressifs. Ces compétences verbales devraient leur permettre de contrer l'éventuelle agressivité masculine, qui met en danger non seulement leur propre survie, mais aussi celle de leur progéniture.

Pour toutes ces raisons, Geary, pense que les femmes devraient non seulement utiliser le langage d'une autre façon, mais elles devraient également disposer de compétences langagières de base plus grandes que celles des hommes. Diverses épreuves psychologiques ont été invoquées comme mesures de telles compétences.

cependant un terrain de recherche propice.

²⁴ Il semble que les parents biologiques aient tendance à ne pas concevoir leurs relations sur le mode de la réciprocité, puisqu'ils partagent souvent un nombre élevé de gènes. «L'intérêt» d'un enfant se recoupe souvent, mais pas toujours, avec ceux de ces parents. Les anglo-saxons parlent ici de *inclusive-fitness* (voir PINKER, 1997).

Nous retiendrons ici les épreuves de fluence verbale par induction sémantique et par induction phonologique (HALPERN & WRIGHT, 1996), qui semblent conduire à des avantages féminins consistants et stables.

Les capacités visuo-spatiales

«Jusqu'ici la capacité de représentation spatiale des hommes était considérée comme meilleure que celle des femmes. [...] Or la psychologie évolutionniste affirme que les capacités des hommes ne sont nullement supérieures à celles des femmes, mais qu'elles sont simplement d'une autre nature -- et que cette différence de nature serait liée aux [différents] comportements de nos ancêtres lors de la recherche de nourriture» (ALLMAN, 1994, p. 52). En effet, «*for 99% of human evolutionary history, men faced the adaptive problem of hunting and women of gathering, possible selective reasons for greater male [...] spatial rotation ability and for greater female spatial location memory*» (DEKAY ET AL., 1992, p. 186). Il semble donc que dans le domaine des compétences spatiales des pressions sélectives différentes aient existé, favorisant les capacités de mémoire spatiale (en relation avec l'activité de cueillette) chez les femmes et les capacités de navigation (en rapport avec les activités de chasse et de guerre) chez les hommes.

Les pressions sélectives chez les hommes

Dans la logique de la compétition mâle-mâle, nous pouvons prédire que les hommes devraient, plus que les femmes, **directement** profiter de bonnes capacités de navigation dans l'espace, car de telles compétences sont susceptibles de leur permettre la maîtrise d'un plus grand territoire, donc de leur donner les possibilités de rencontrer et de courtiser un plus grand nombre de femmes (GAULIN, 1995).

«*The selection for strong spatial abilities in human males might have been directly related to male-male aggression, which often occurs in the context of small-scale warfare between kin-based groups. [M]ales often travel relatively long distances to ambush males from other groups or to capture females, which makes foraging far from home base dangerous for females in some societies (e.g., Chagnon, 1977)*» (GEARY, 1996, p. 237).

Le succès reproductif d'un homme pourrait aussi (de façon alternative ou complémentaire) dépendre **indirectement** de ses capacités de navigation, à savoir par l'intermédiaire de son succès comme chasseur. En effet, Geary (1996, p. 237)

rapporte que «*skilled hunters often have more offspring than their less-skilled peers* (Symons, 1979)».

Pour ces deux raisons²⁵, les pressions sélectives favorisant des capacités de navigation spatiale devraient être plus grandes chez les mâles que chez les femelles. Nous verrons que l'avantage masculin dans des tâches de rotation mentale -- faisant appel à des processus cognitifs similaires à ceux impliqués dans la navigation spatiale -- est assez grand et consistant (GEARY, 1996, p. 236).

Rappelons que la capacité de navigation dans l'espace connaîtrait, selon notre perspective, ses origines dans l'EEA. La connaissance des informations disponibles et cruciales pour la solution du problème adaptatif en question peut nous fournir certains indices sur les contraintes imposées au mécanisme cognitif et ainsi sur les *inputs* qu'il prend probablement en compte pour la solution du problème. Il semble que l'avantage masculin dans les épreuves d'exploration ou de mémorisation de trajets soit précisément lié au format des représentations mentales, mesurables par les dessins de cartes et les descriptions verbales de trajets. Les «cartes mentales» des hommes devraient être plus correctes que celles des femmes en termes de structure globale et métrique (R. MARTIN, 1998) et leurs descriptions verbales devraient faire appel à plus d'instructions d'orientation que celles des femmes. Ces deux paramètres de la performance d'exploration spatiale rendraient le mieux compte de la stratégie «masculine» en rapport avec le problème adaptatif suivant: explorer des environnements nouveaux, inconnus, parcourir de longues distances. Savoir former des représentations précises et conserver son orientation -- afin de retrouver le chemin -- semblent correspondre à la solution la plus adaptée au problème rencontré par les hommes, par opposition à un mécanisme de mémorisation des configurations spatiales particulières ou des instructions de type «tourner à gauche près de tel objet». Des changements dans l'environnement, problèmes auxquels nos ancêtres masculins étaient certainement confrontés, les auraient alors fortement perturbés et induits en erreur.

Il semble aussi que d'autres tâches cognitives visuo-spatiales puissent refléter l'existence de pressions sélectives liées aux activités de navigation, de chasse et de guerre, en l'occurrence la connaissance implicite de l'horizontalité du niveau de

l'eau et les connaissances géographiques. Explorer un vaste environnement inconnu semble nécessiter que l'on puisse conserver le sens de l'orientation, par rapport à l'environnement (rotation mentale de figures) et par rapport à son corps propre (verticalité, horizontalité). La supériorité masculine dans les connaissances géographiques pourrait être liée²⁶ à un plus grand intérêt, chez les sujets masculins, dans tout ce qui est spatial et à leur meilleure capacité à encoder des connaissances sous un format spatial. Notons finalement qu'il aurait également été intéressant d'étudier les relations entre capacités de navigation et les habiletés plus motrices liées à des activités proches de situations de chasse ou de guerre (e.g., précision à lancer une balle, capacités à anticiper le mouvement d'objets).

Les pressions sélectives chez les femmes

Irwin Silverman et Marion Eals (SILVERMAN & EALS, 1992; EALS & SILVERMAN, 1994) de l'Université de York ont étendu l'analyse classique des compétences spatiales liées à la division sexuelle des tâches. Ils rappellent que d'autres auteurs avaient démontré une relation entre succès de chasse et performances à des tâches spatiales à avantage masculin, corroborant ainsi le versant «*hunter*» de la théorie des chasseurs-cueilleurs sur les différences sexuelles dans les habiletés spatiales. Ils ont alors élargi cette réflexion au versant «*gatherer*» en prédisant un avantage féminin dans des tâches de mémoire spatiale, en rapport avec les compétences qu'ils supposaient nécessaires pour l'activité de cueillette. Ils pensent que «*spatial specialisations associated with foraging should have [...] evolved in females. Food plants are immobile, but they are embedded within complex arrays of vegetation. Successful foraging, then, would require locating food sources within such arrays and finding them in ensuing growing seasons*» (SILVERMAN & EALS, 1992, p. 535). Ils prédisaient ainsi que les femmes devraient avoir un avantage sur les hommes dans la capacité de se rappeler des objets et de leurs positions relatives. Notons brièvement que cette prédiction a été confirmée dans diverses conditions expérimentales. Nous verrons plus loin quels sont les facteurs proximaux potentiellement responsables de cet avantage féminin dans la mémoire des objets et de leur localisation spatiale.

²⁵ voir Geary (1996, à paraître) pour une discussion approfondie sur l'interaction des processus sélectifs responsables de l'avantage masculin dans la navigation.

²⁶ Elle serait donc une sorte de *by-product*.

L'observation de la supériorité féminine dans le rappel de la localisation d'objets peut être mise en relation avec le constat de la supériorité féminine dans le rappel de points de repère lors de descriptions de trajets dans un environnement connu, alors que les hommes utiliseraient plus des instructions de direction. Il se pourrait que cette différence entre hommes et femmes dans le discours spatial soit en relation avec le format de la représentation des cartes mentales formées lors de l'exploration de l'espace, qui serait, en l'occurrence, plus propositionnelle, moins structurée chez les femmes (R. MARTIN, 1998). L'on pourrait alors prédire que les femmes se déplacent plus que les hommes en tenant compte des points de repères connus. Ceci aurait aussi comme conséquence que l'avantage masculin dans les capacités de navigation serait modéré par la stratégie spatiale «féminine», moins sûre dans des environnements nouveaux, mais pas beaucoup moins efficace en termes de trajets réussis -- peu importe la longueur et la durée du chemin emprunté.

Quelles sont alors les preuves empiriques qui confirment les hypothèses que nous avons énoncées ci-dessus?

II. Les preuves

«[Many people think that] the only well-established difference between men and women is that men like women and women like men.»

-- PINKER (1997, p. 461)

II.1. Avertissements

Même si les hommes et les femmes sont différents au niveau de certaines de leurs fonctions intellectuelles, cela n'implique nullement que les uns soient, en général, plus ou moins intelligents que les autres, mais plutôt qu'ils témoignent tous les deux de solutions astucieuses pour résoudre des problèmes quelque peu différents. Et n'oubliant pas que beaucoup de traits psychologiques sont similaires dans les deux sexes, car ils ont été confrontés aux mêmes problèmes adaptatifs dans beaucoup de domaines.

Cependant le danger du sexisme -- arbitraire et discriminant dans son essence -- n'est pas négligeable, car souvent les chercheurs ont été guidés plus par leurs

intuitions que par un modèle précis, et ont fini par trouver des différences plus ou moins consistantes dans certaines épreuves (e.g., le test de rotation mentale), sans en avoir une explication bien précise. La littérature sur les différences entre hommes et femmes au niveau des fonctions cognitives abonde d'études mettant en évidence des différences dans telle ou telle épreuve. De plus, on assiste souvent à des regroupements de résultats obtenus par des tests différents sous le même terme de capacité verbale, spatiale, ou autre. Observer des différences que l'on ne sait interpréter que comme des déficiences, soit au niveau de la nature même des hommes ou des femmes, soit au niveau de leur instructions, de leur culture, nous mène inévitablement à des positions sexistes et arbitraires de surcroît.

C'est à la lumière de ce constat du manque, souvent flagrant, de cohérence de la recherche traditionnelle sur les différences sexuelles que nous croyons que les incohérences et les inconsistances des preuves «établies» quant à l'existence de différences doivent être (re-)vues.

II.2. Difficultés de définition des capacités cognitives

Notons également que pour affirmer que les hommes et les femmes (ou deux groupes d'individus quelconques) diffèrent au niveau d'une capacité cognitive, il faut, avant tout et de toute évidence, que cette capacité soit clairement définie, sinon une telle affirmation n'est guère valable. Même si la plupart des exemples cités dans la suite se rapportent à la capacité spatiale, on ne peut guère dire que la situation soit beaucoup mieux pour d'autres capacités cognitives.

En effet, on observe dans la littérature des définitions assez et même très vagues de ce que l'on entend par capacités spatiale, verbale, quantitative ou autre. La définition se fait plus par exclusion que par inclusion, comme nous en témoigne la citation suivante:

«*Spatial ability **generally** refers to skill in representing, transforming, generating, and recalling symbolic, nonlinguistic information*» (LINN & PETERSEN, 1985, p. 1482, mise en évidence ajoutée).

Certains auteurs relèvent eux-mêmes clairement cette problématique. Nous ne disposons d'aucune définition claire des capacités pour lesquelles des différences consistantes et importantes entre les sexes sont pourtant généralement rapportées (e.g., LINN & PETERSEN, 1985):

«Spatial ability, even more than verbal and quantitative ability, is *difficult to define*. Should it include, for example, skill in auditory localization? Accurate maintenance of size-distance constancy? Tactual recognition of objects as they change orientation in space?» (MACCOBY & JACKLIN, 1974, p. 91, mise en évidence ajoutée).

Finalement, nous devons constater, que malgré de nombreuses tentatives, il n'existe aucun véritable consensus sur ce que l'on entend par capacité spatiale, et qu'aucune conclusion constructive n'est possible quant à l'existence de différences entre hommes et femmes:

«a reference volume of spatial tests [...] has reduced confusion about what is called a "spatial" measure. [...] Although the authors provided a critique of efforts to define spatial ability and efforts to examine apparent sex-related differences in performance on spatial tasks, they did *not offer constructive conclusions*» (ELIOT, 1986, p. 1011, mise en évidence ajoutée).

A l'instar de ces constats, nous utiliserons dans la suite dans une très large mesure les dénominations spécifiques des tâches administrées, ou du moins des processus cognitifs supposés responsables des différences de sexe.

II.3. Les différences sexuelles dans les capacités cognitives

Selon Dave Geary (à paraître) l'existence de différences dans les capacités cognitives, ainsi que dans la structure et le fonctionnement de certaines régions cérébrales n'est guère contestée (HALPERN, 1992, 1997; Pakkenberg & Gundersen, 1997; Rusthon & Ankey, 1996, cités dans GEARY, à paraître) et il y a peu de doutes que le développement et l'expression d'au moins certaines de ces différences soient influencés par l'exposition aux hormones sexuelles (e.g., Kimura, 1996, cité dans GEARY, à paraître) -- prénatale (expérimentale ou pathologique) ou à l'âge adulte (variations normales au cours du cycle menstruel, thérapeutiques hormonales). La littérature sur les différences psychologiques entre les sexes est vaste et recouvre des domaines très variés -- allant des préférences sexuelles aux capacités mathématiques, en passant par la perception des émotions, la discrimination des sons de parole. Ces différences ne sont cependant pas toujours rapportées de façon consistante à travers les diverses études, ni dans leur direction ni dans leur ordre de grandeur. De plus, les interprétations des différences observées divergent fortement. Il semble cependant que des différences assez robustes existent dans les **habiletés verbales et**

visuo-spatiales, ou du moins dans certaines épreuves mesurant des composantes de ces deux types de capacités (LINN & PETERSEN, 1986). Nous porterons notre regard plus sur les résultats empiriques en rapport avec ces deux catégories de capacités cognitives. Afin de présenter une revue succincte, mais la plus complète possible, nous nous référerons aux résultats empiriques fournis par les recherches psychométriques, neuropsychoenocrinologiques, neuroanatomiques, neuropsychologiques et socio-psychologiques qui suggèrent des différences entre les sexes à des niveaux différents. Rappelons que nous ne supposons nullement que facteurs «biologiques» et facteurs «environnementaux» peuvent être compris en termes d'opposition. Il nous semble évident que les expériences faites par un individu sont «encodées» de façon neurophysiologique, provoquant des changements au niveau des neurones (voir principes de la PE). Les deux niveaux ne sont pas réellement dissociables, cependant ils peuvent être décrits séparément. Pourtant, certains facteurs proximaux associées aux différences cognitives liées au sexe semblent particulièrement importants si nous voulons en affirmer les origines évolutives.

II.3.1. Quelques critères du caractère évolué des différences sexuelles

Dave Geary (1996) énonce quatre critères qui indiquent des différences sexuelles potentiellement liées aux processus évolutifs:

«First, sex hormones are likely to be an important proximal mechanism for the development of any sex differences associated with sexual selection. [...]

Second, sex differences in [...] cognitive abilities that are relatively insensitive to historical and cultural change also need to be considered as potentially related to sexual selection.

Third, [...] sex differences should be evident in the play patterns that facilitate the acquisition of these [cognitive] abilities. These play patterns should also be influenced by sex hormones; this does not preclude social influences as well. [...]

Finally, the associated [...] cognitive skills should [be likely to have] served some plausible function related to reproductive succes [in regard with the EEA]» (p. 234).

II.4. Quelques facteurs associés aux différences cognitives

Un grand nombre de chercheurs ont étudié les corrélats neurologiques et hormonaux des différences liées au sexe dans les épreuves verbales et visuo-spatiales. D'autres ont plus insisté sur les facteurs socioculturels (e.g., activités, socialisation). Ces deux types de facteurs semblent étroitement liés pour un grand nombre de capacités cognitives primaires. Notons ici que nous ne reprendrons pas spécialement les discussions sur les gènes impliqués dans le développement des différences sexuelles dans les capacités cognitives (voir HALPERN, 1992). Nous pensons que, de façon ultime, une telle analyse en termes de génétique moléculaire sera utile, mais nous partageons aussi l'avis selon lequel aucune relation simple et univoque n'existe entre gènes et comportements, ni entre sexe biologique et chromosomes sexuels. Il semble notamment qu'un gène responsable, s'il existe, pour les capacités spatiales de navigation, ne puisse être localisé simplement sur le chromosome Y, puisque dans la deuxième génération aucun des petits-enfants masculins issus de la fille du premier porteur ne pourrait l'hériter. Un tel système de transmission n'est donc guère probable. Il est plus plausible qu'il soit porté par tous les individus, masculins et féminins, et qu'il s'exprime sous l'influence des hormones sexuelles, qui, en moyenne, sont un bon indicateur du sexe de l'individu porteur et peuvent varier en fonction des expériences précoces. Nous porterons donc notre regard sur l'influence des hormones sexuelles sur le développement des capacités cognitives en question et sur les différences neurologiques et neurophysiologiques entre les sexes qui peuvent en découler. Notons cependant que notre perspective, alors qu'elle ne décourage pas une vision physico-chimique du fonctionnement mental, reste cependant beaucoup plus axée sur les descriptions cognitives, au sens du traitement de l'information, des phénomènes en question.

II.4.1. Hormones

L'influence des hormones prénatales sur le développement des capacités cognitives peut se faire à deux niveaux:

«Hormones [are likely to] have direct and indirect effects on the development of spatial abilities in humans (Geary, 1989). Direct effects [...] include the influence of sex hormones on the development of the neural substrate that supports [certain parts of]

spatial cognition (Diamond et al., 1979). **Indirect influences** [...] involve engagement in behaviors that are likely to provide spatial-related experiences to the individual (GEARY, 1996, p. 237, mise en évidence ajoutée).

Exposition prénatale

«[P]renatal sex hormones [do] affect brain structures that are not related to reproduction (e.g., Fitch et al., in press)» (HALPERN, 1992, p. 240, mise en évidence ajoutée). Certaines anomalies au niveau de l'exposition prénatale à des hormones sexuelles confirment l'influence hormonale sur le développement des capacités spatiales et verbales.

Les filles affectées par le syndrome appelé Hyperplasie Adrénalique Congénitale (voir HALPERN, 1992, p. 115), qui sont exposées à des taux d'hormones androgènes anormalement élevés dès le troisième mois de la vie fœtale, semblent plus performantes à certaines tâches spatiales que leurs homologues non-affectées, alors qu'elles auraient des déficits au niveau de certaines compétences linguistiques (GEARY, à paraître).

D'autre part, les filles atteintes du syndrome de Turner (op. cit.), dont les taux hormonaux, tant les androgènes que les hormones ovariens, sont très bas, présentent des déficits spécifiques du fonctionnement visuo-spatial.

Très peu de choses sont connues sur l'influence des hormones sexuelles sur les capacités de navigation ou de mémoire spatiale chez les humains (Silverman & Phillips, 1993, cité dans GEARY, à paraître). Cependant Williams et ses collaborateurs (1990, cité dans GEARY, à paraître), ont démontré, sur des rats, une relation évidente entre l'exposition prénatale aux hormones sexuelles et ces deux compétences. L'exposition aux androgènes était associée à un apprentissage de labyrinthes plus rapide et contenant moins d'erreurs. De plus, les mâles et les femelles traitées par androgènes semblaient utiliser des indices plutôt géométriques ou directionnels dans l'exploration de l'espace, alors que les femelles et les mâles castrés se fiaient à une combinaison de connaissances géométriques et de repères.

Cependant, les relations entre hormones sexuelles et capacités spatiales ou verbales ne sont pas simples et nécessitent des recherches approfondies (HALPERN, 1992, p. 120), surtout en ce qui concerne leurs actions chez les sujets «normaux».

Variations hormones normales

Des recherches actuelles (e.g., KIMURA & HAMPSON, 1994) montrent que les variations des taux hormonaux dans la circulation sanguine ont une influence sur les performances à certaines épreuves verbales et spatiales.

Les changements au cours du cycle menstruel

«The finding that cognitive abilities vary (slightly) over the menstrual cycle also suggests the involvement of biological variables (Hampson & Kimura, 1988). We have no psychosocial theories that can predict a reciprocal relationship among cognitive abilities as a function of the menstrual cycle» (HALPERN, 1992, p. 241).

Kimura et Hampson (1994) ont récemment confirmé l'influence des variations hormonales (notamment de l'oestradiol) au cours du cycle menstruel sur les capacités verbales. La vitesse de production de mots est la plus rapide (de 5 à 10 %) lors de la phase où les taux d'oestradiol sont les plus élevés (aux environs de la phase ovulatoire) par rapport au reste du cycle menstruel. De même les performances des femmes au Test de Rotation Mentale augmentent de 40 à 49% au moment de la menstruation²⁷ par rapport à la phase ovulatoire, donc lorsque les hormones «féminines» sont à leur niveau le plus bas (Silverman & Phillips, 1993, cité dans GEARY, à paraître). Il y aurait, par ailleurs seulement chez les femmes, une relation linéaire croissante entre les taux de testostérone et la performance au Test de Rotation Mentale (alors que l'augmentation du taux de testostérone chez les hommes provoque une diminution de la même performance, cf. infra). Notons que les taux de testostérone les plus élevés chez la femme normale, apparaissant au cours du cycle menstruel, restent au-dessous des taux masculins minimaux (dans les limites des variations normales) (GEARY, à paraître).

Les variations saisonnières

L'avantage masculin pour les tâches de rotation spatiale est (deux fois) plus grand en printemps qu'en automne (KIMURA ET AL., 1994). Les taux de testostérone sont alors -- au printemps -- les plus bas, tout en restant au-dessus d'une certaine limite de la normale masculine. Il semble donc qu'il existe un niveau optimal de

²⁷ Les changements de performances verbales chez les femmes pendant la phase ovulatoire ne peuvent donc pas être simplement attribués à une chute de l'humeur (facteurs motivationnels) pendant la menstruation, puisque certaines compétences spatiales augmentent précisément à ce moment.

testostérone pour les capacités spatiales «masculines» qu'il ne faut dépasser ni vers le haut ni vers le bas.

Selon Kimura et Hampson (1994) cette variation pourrait avoir une fonction adaptative. L'accroissement des capacités spatiales chez les hommes en printemps serait utile dans des sociétés de chasseurs-cueilleurs nomades, «*when the home camp might be relocated, or the hunting might be more intensive*» (p. 61).

Thérapeutiques hormonales

Van Goozens et ses collègues (1994, 1995, cité dans GEARY, à paraître), rapportent que des changements importants sont induits au niveau de certaines compétences linguistiques et spatiales chez les transsexuels soumis aux traitements hormonaux. Les transsexuels femme-vers-homme, traités par de la testostérone, montraient une chute de 30 à 40% à deux mesures de fluence verbale (générer des mots, générer des phrases), alors qu'ils témoignent d'une augmentation de performance de l'ordre de 19% à un test de rotation d'images en 2D (après un intervalle de 3 mois de traitement).

Par contre, les transsexuels homme-vers-femme, traités par des médicaments inhibiteurs de la testostérone mélangés à des oestrogènes, présentaient une augmentation de performance de 22% pour la tâche de fluence verbale sur des phrases.

II.4.2. Neuroanatomie fonctionnelle

Latéralisation hémisphérique

«[S]ince sex differences are primarily found with verbal and visual-spatial tasks and that hemispheric specialization differs with respect to these two abilities, [...] it is plausible that there are sex differences in cerebral lateralization» (HALPERN, 1992, p. 141). Des différences liées au sexe en rapport avec le degré de latéralisation hémisphérique ont été rapportées pour certaines épreuves verbales et visuo-spatiales. La théorie du *Cognitive Crowding* proposée par Levy (1976, cité dans HALPERN, 1992, p. 148) suppose que si les processus verbaux et spatiaux sont délimités à un côté du cerveau, alors les connexions neuronales sous-jacentes y sont optimales pour ces fonctions. Or, si la latéralisation est incomplète ou faible, alors les deux

hémisphères sont en compétition lors de la résolution de la tâche. Ce raisonnement se base, selon Halpern (1992) sur l'idée que si deux (ou plusieurs) capacités cognitives sont principalement contrôlées par le même hémisphère, alors il n'y a pas assez d'«espace neuronal» pour que chacune se développe de façon optimale. La performance serait alors diminuée. Levy suggère alors de considérer que le langage est si important dans l'espèce humaine que les capacités spatiales sont la victime probable de la compétition entre processus verbaux et processus spatiaux à l'intérieur d'un hémisphère. Les différences liées au sexe dans les capacités cognitives proviendraient alors du fait que les femmes sont moins latéralisées que les hommes pour des raisons de différences biologiques dans le taux de maturation et le patron de développement, et auraient donc une représentation bilatérale des capacités verbales. Ceci constituerait un avantage pour les capacités langagières parce que plus d'espace cortical serait attribué aux fonctions du langage. Cependant les fonctions spatiales seraient diminuées chez les femmes pour la même raison. Une des implications de cette vision est que les femmes pourraient utiliser des stratégies verbales pour résoudre des problèmes spatiaux. Les gauchers, surtout les gauchers masculins, auraient également tendance à avoir une représentation bilatérale du langage. Leurs capacités verbales devraient donc être supérieures à celles des droitiers, alors que l'inverse serait le cas pour leurs capacités spatiales. Les gauchers masculins (la gaucherie étant un trait plus souvent présent chez les hommes que chez les femmes) devraient alors présenter à peu près le même patron de performances verbal/spatial que les femmes.

D'un point de vue évolutionniste la *Cognitive Crowding Theory* de Levy semble en accord avec les hypothèses de l'éminence des pressions sélectives chez les hommes en faveur de bonnes capacités de navigation. Parallèlement, chez les femmes existeraient des pressions sélectives favorisant le développement de capacités langagières, voire des pressions sélectives défavorisant le développement des capacités de navigation (une femme qui s'aventurerait trop loin de son camp de base protecteur risquerait, selon cette vision, de se faire enlever, et de voir ses bébés tués par des bandes d'hommes étrangers²⁸; cf. GEARY, 1996). L'ensemble de ces

²⁸ N'oublions pas que nous parlons ici d'un scénario relevant des conditions ancestrales, où l'infanticide par d'autres hommes n'étaient pas rare si ceux-ci «désiraient» féconder la mère du bébé en question.

pressions sélectives permettrait donc, chez la femme, l'émergence de capacités verbales supérieures («invasion» de l'hémisphère droit par le langage), qui serait désavantageux chez l'homme (qui «a besoin» de ses capacités de navigation, de rotation mentale). Les pressions sélectives en faveur des capacités de navigation seraient, seulement chez les hommes, plus fortes que celles induisant les capacités verbales.

La latéralisation semble d'ailleurs être influencée elle-même par l'exposition prénatale aux hormones sexuelles (Geschwind & Galaburda, 1987, cité dans HALPERN, 1992). Halpern (1992, p. 151-2) explique l'idée de base en rapport avec l'influence des hormones sur la croissance cérébrale de la façon suivante: «*during prenatal development the left hemisphere is at greater risk than the right because the left hemisphere takes longer to develop than the right. [Thus] high levels of prenatal testosterone slow neuronal growth in the left hemisphere. The result is right hemisphere dominance that is manifested in left-handedness. [...] This theory predicts that males would be either exceptionnally adept at right hemisphere cognitive tasks (such as spatial ability) and/or exceptionnally poor at left hemisphere cognitive tasks (such as some verbal tasks)*». Cette théorie est en flagrante opposition avec la *Cognitive Crowding Theory* de Levy (cf. supra) en ce qui concerne ses prédictions sur les «déficits cognitifs» des gauchers. Alors que Levy prédisait chez les gauchers un patron cognitif similaire à celui des femmes (bonnes capacités verbales et faibles capacités spatiales), Geschwind et Galaburda prédisent un patron extrêmement masculin chez les gauchers (déficits dans le langage), qui serait en rapport avec des taux de testostérone prénatale élevés, typique non seulement pour les sujets masculins, mais *a fortiori* pour les gauchers masculins. La théorie de Geschwind et Galaburda semble confirmée, au contraire de celle de Levy, par le fait que être gaucher et être mâle sont d'assez bons prédicteurs des troubles du développement du langage. Il semble que la testostérone soit particulièrement défavorable au développement des structures cérébrales responsables du langage, ce qui est d'autant plus le cas chez les gauchers masculins. Rappelons que les taux de testostérone trop élevés chez les sujets masculins, non seulement corrént avec des problèmes de santé au niveau du système immunitaire, mais induisent également des déficits au niveau des tâches de rotation mentale (KIMURA ET AL., 1994). A la lumière des données actuellement disponibles nous pensons que les résultats et prédictions contradictoires à propos

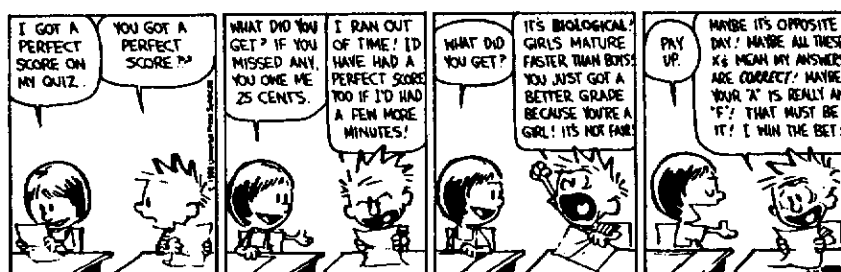
des capacités cognitives des gauchers pourraient être dus aux faits que deux types de patrons cognitifs existent au sein du groupe des gauchers, ressemblant soit au patron plus féminin (déficits spatiaux), soit au patron plus masculin (dyslexie, bégaiement). Evidemment ceci reste très spéculatif, et nécessite des recherches plus approfondies (voir, par exemple, Harshman, Hampson & Berenbaum, 1983, cité dans HALPERN, 1992).

(Le patron complexe d'asymétrie cérébrale fonctionnelle qui résulte de l'interaction de la dominance manuelle avec le sexe pourrait éventuellement être élucidé par une analyse des stratégies de reproduction des gauchers et des droitiers à l'aide des théories biologiques sur les *evolutionary stable strategies*. Il s'agit de modélisations de différentes stratégies reproductives pouvant coexister dans une population. Il se pourrait dès lors que la «stratégie» des gauchers masculins, malgré ses désavantages au niveau de certaines capacités renferme des avantages reproductifs à d'autres niveaux. D'autres recherches sur les gauchers semblent indiquer la pertinence d'une telle analyse. Ils auraient, en moyenne, des taux de mortalité plus élevés [P. MARTIN, 1997], mèneraient donc une vie plus «dangereuse», et par conséquent plus compétitive, ce qui peut avoir un avantage reproductif dans l'EEA pour un homme, membre du «sexe rapide».)

Finalement, citons brièvement l'hypothèse de la **vitesse de maturation** qui a également été invoquée pour expliquer les différences entre filles et garçons dans les capacités verbales respectivement spatiales: la maturation précoce serait favorable au développement des capacités verbales mais défavorable à celui des capacités spatiales. Nous savons que les filles ont tendance à être plus précoces que les garçons dans leur développement biologique, ce qui pourrait expliquer l'apparition des patrons de différences cognitives observés, en parallèle avec les différences de latéralisation respectives (Waber, 1976, cité dans HALPERN, 1992, p. 153-4).

Calvin and Hobbes

by Bill Watterson



CALVIN AND HOBBS copyright (1990), Universal Press Syndicate.
All rights reserved.

Neuropsychologie clinique

La neuropsychologie clinique nous montre qu'il existe une prédominance nette de troubles du langage chez les hommes (HALPERN, 1992, p. 151). Le bégaiement et la dyslexie sont des pathologies typiquement masculines, «*there are 3 to 4 times more male stutterers than female stutterers*» (HALPERN, 1992, p. 65). De plus, les femmes récupèrent beaucoup mieux leurs capacités de langage après des atteintes neurologiques (Wittelson, 1976, cité dans HALPERN, 1992, p. 66).

Neuroimagerie

Il semble qu'il y ait implication de structures sous-corticales dans la résolution de tâches visuo-spatiales différentes chez les hommes et les femmes. L'hippocampe de l'hémisphère droit chez les hommes droitiers serait notamment impliqué dans des tâches de traitement de l'information spatiale, alors que chez les gauchers et les femmes la représentation cérébrale de ces processus serait plus diffuse (Witelson, 1976; Gur et al., 1982, Maguire et al., 1997, cités dans GEARY, à paraître). L'intervention de l'hippocampe dans les activités de navigation a été démontrée expérimentalement chez des rats, de même que la taille de l'hippocampe est plus grande chez des rongeurs mâles d'espèces polygames comparée à celle de leurs homologues d'espèces monogames (GAULIN, 1995, p. 1219-20). (Nous ne disposons actuellement d'aucune information si de telles études ont été réalisées sur les humains (GEARY, à paraître). La question, si l'hippocampe est également impliqué chez les humains dans la supériorité masculine pour les tâches de navigation, nous semble particulièrement intéressante.)

D'un autre côté, certaines études de neuroimagerie ont montré que la représentation du langage est plus diffuse, moins asymétrique entre les hémisphères cérébraux chez les femmes que chez les hommes (McGlone, 1980, cité dans GEARY, à paraître). Shaywitz et al., (1995, cité dans GEARY, à paraître), ont notamment montré que des différences sexuelles existent lorsque l'on demande à des sujets de faire des jugements de rime. Ils ont trouvé des activations bilatérales chez les femmes, alors que les hommes utilisaient **tous** uniquement leur hémisphère gauche. Il y aurait donc des différences sexuelles en ce qui concerne la représentation des compétences langagières dans l'hémisphère gauche et droit.

Neuroanatomie fonctionnelle intrahémisphérique

«*There are sex differences [...] in the organization of cognitive abilities within each hemisphere*» (HALPERN, 1992, p. 240). L'analyse de Kimura (1987, cité dans GEARY, à paraître) sur les relations entre atteintes neurologiques et troubles aphasiques suggère, en plus, des différences sexuelles dans l'organisation des fonctions langagières à l'intérieur même de l'hémisphère gauche. Des lésions de différentes régions cérébrales -- frontales, temporales, pariétales et occipitales -- peuvent mener à des troubles aphasiques chez l'homme, alors que seulement des atteintes de régions particulières -- frontales surtout -- sont associées à des troubles aphasiques chez la femme. Il semble donc que la représentation du langage soit plus diffuse dans l'hémisphère gauche chez les hommes que chez les femmes.

Dimensions du corps calleux

«*There are sex differences in the neural structures that underlie cognition, most probably in the size of the corpus callosum*» (HALPERN, 1992, p. 240). Le résultat le plus souvent trouvé semble être que la partie postérieure du corps calleux soit plus large chez les femmes que chez les hommes. Cependant, il reste très peu claire quelle pourrait être la fonction de cette différence au niveau du fonctionnement cognitif. Il s'agit peut-être d'un besoin de meilleure transmission de l'information entre les hémisphères cérébraux chez les femmes que chez les hommes. Or les raisons d'une telle différence de besoins ne sont pas connues à l'heure actuelle.

II.4.3. Activités, Socialisation, Education

Il semble que les garçons sont plus encouragés à développer leurs capacités de navigation ainsi que d'autres capacités que nous avons rattachées aux compétences requises par nos ancêtres masculins: retrouver son chemin et lancer des objets. «*[...] boys are allowed to travel a greater distance from home than girls. Boys are also much more likely to engage in sports and activities that involve throwing a ball or other object (Graber & Petersen, in press)*» (HALPERN, 1992, p. 213).

Cette insistance sur l'importance de l'exploration spatiale reviendrait même dans les discours des adultes faces à des enfants de sexes différents: «*When adults talk to boys they encourage "a more free-ranging exploratory manipulation of the physical*

environment," whereas, in discussions with girls, adults emphasize domestic activities» (O'Brien & Nagel, cité dans HALPERN, 1992, p. 176-7).

Olson, Eliot et Hardy (1988) montrent très clairement que les garçons participent de préférence, au moins dans leur échantillon, à des activités sportives que nous dirions en rapport, plus ou moins direct, avec des activités de chasse. De plus, ces sports seraient beaucoup plus «*team-oriented and contact-oriented*» que ceux choisis par les filles. Un psychologue évolutionniste ne peut s'empêcher de penser que les garçons entraînent leurs capacités de chasseurs et de guerriers. Le sens de compétition (entre individus et/ou entre équipes), que l'on observe souvent dans ces sports, participe de la même logique ancestrale de compétition intrasexuelle, souvent en rapport avec le succès chez les filles ou dans la hiérarchie sociale.

Geary (à paraître) pense que les enfants, des deux sexes, recherchent même activement deux types de situations d'apprentissage différents: dès le tout jeune âge, les garçons auraient plus tendance à s'orienter vers des objets, alors que les filles rechercheraient plus les personnes afin d'entamer une relation sociale intime. Ces activités de recherche de niches ne seraient pas à un hasard, argumente Geary, mais refléteraient plutôt les caractéristiques essentielles des systèmes biologiques «*that support evolved cognitive competencies*» (p. 61 du chapitre 8). En d'autres termes, la structure initiale des compétences cognitives fondamentales serait inhérente, mais ces compétences seraient ajustées (*tailored*) aux conditions locales, sur base des expériences précoces, expériences que les enfants seraient «préparés» à rechercher. Ce qui est plus important encore est l'observation que les hormones sexuelles, voire des influences génétiques plus directes (e.g. Skuse et al., 1997, cité dans Geary, à paraître), non seulement ont une influence sur le développement et le fonctionnement du cerveau, mais résultent également en des différences du type d'informations auxquelles garçons et filles feraient attention et du type de niches que les deux sexes se créent (Scarr, 1992, cité dans GEARY, à paraître).

Cette perspective très biologique peut sembler trop ciblée à certains. Il y a certes d'autres différences liées au sexe dans les pratiques de socialisation qui peuvent sembler plus arbitraires par rapport aux exigences biologiques-évolutives. Nous nous sommes volontairement limités à considérer les différences de socialisation et d'activités spontanées pertinentes à l'égard de la question des différences sexuelles dans les capacités cognitives qui semblent avoir des bases dans l'évolution de

l'espèce humaine. En ce sens, il nous a paru inutile d'évoquer des compétences cognitives biologiquement-secondaires (selon les termes de GEARY, 1996), comme par exemple la lecture, acquises dans des contextes peu naturels, sinon contraignants que représentent (souvent) les écoles.

II.5. Les différences sexuelles dans les habiletés verbales

Les femmes n'ont des performances supérieures à celles des hommes que dans certains tests d'habiletés verbales (voir par exemple HALPERN, 1992). A la vue des résultats contradictoires et inconsistants (voir MACCOBY & JACKLIN, 1974), peu de différences significatives (au sens de signification pratique) semblent exister au niveau des capacités liées à l'utilisation du langage.

Or les épreuves psychométriques sont souvent administrées à des échantillons qui n'incluent pas d'individus du «*low end of the verbal abilities distribution*» (HALPERN, 1992, p. 65). En effet, si nous considérons les fréquences relatives des pathologies du langage, tant des troubles du développement que des troubles acquis à l'âge adulte, l'avantage féminin pour les capacités verbales devient plus évident. La plus grande incidence de troubles du langage chez les garçons que chez les filles ne permet guère d'exclure l'importance de facteurs biologiques dans leur genèse. En effet, «*there is no reason to believe that there are societal sanctions against the production of fluid speech or the ability of males to read*» (HALPERN, 1992, p. 240).

Ces différents constats nous permettent donc d'affirmer que les filles et les femmes devraient avoir des avantages dans certaines compétences linguistiques, malgré le fait que de nombreux tests psychométriques ne mènent qu'à de rares différences de performances dans les tests dits verbaux²⁹. Or cette absence de différence pourrait découler de l'utilisation de tests verbaux ayant très peu de pertinence par rapport à des capacités de langage évoluées (GEARY, à paraître). Il s'agit souvent de tests trop complexes et faisant intervenir des processus cognitifs très divers (e.g., le *Scholastic Achievement Test*, voir HYDE & LINN, 1988). Par contre, les compétences linguistiques qui semblent avoir des origines évolutives incluent la production de la parole (e.g., vitesse d'articulation de mots) et la pragmatique du langage. Des

²⁹ Notons que les tests psychométriques classiques ont souvent été construits de façon à éliminer les tâches qui montrent des différences de sexe. Il est donc normal de ne pas en trouver pour les capacités verbales.

différences de sexe y peuvent être trouvées dès l'âge de 16 mois (HALPERN, 1992, 1997; HYDE & LINN, 1988). Au niveau du développement normal des compétences linguistiques on observe des avantages importants chez les filles. Elles commencent à parler à des âges plus précoces que les garçons. Elles ont des productions verbales (*mean length of utterances*) plus longues que les garçons du même âge (Horgan, 1975, cité dans HALPERN, 1992, p. 66). La qualité de leurs productions est également différente et plus précocement développée que chez les garçons (e.g., usage de la voix passive et des participes, moins d'erreurs, vocabulaire plus important) (GEARY, à paraître). Non seulement les filles et les femmes utilisent le langage d'une autre façon et l'emploient plus souvent que les garçons et les hommes dans le but d'établir et de maintenir des relations intimes et réciproques³⁰, mais elles ont également des compétences linguistiques de base plus élevées (GEARY, à paraître), comme la qualité et la longueur des productions verbales, la facilité et la rapidité d'articulation de mots complexes, la capacité à générer des mots, la capacité de récupérer des mots en mémoire à long terme (fluence verbale), la capacité à discriminer des sons de parole simples (HALPERN ET AL., 1996), la durée des pauses dans la parole normale (HALL, 1984). Il semble d'un autre côté que les garçons, même les cas non-pathologiques, présentent plus souvent des problèmes de type bégaiement et dyslexie: «*Even young boys who do not fall into the extreme low ability end of the distribution are more likely to stutter when producing speech and more likely to have difficulty in learning to read (Corballis & Beale, 1983)*» (HALPERN, 1992, p. 65). L'avantage féminin au niveau du développement des compétences linguistiques s'accompagne du fait que «*young girls receive more language practice and encouragement than young boys because girls play with dolls much more than boys do*» (O'Brien et Nagel, 1987, cité dans HALPERN, 1992, p. 176-7). Les jeunes filles sont donc plus exposées aux stimuli linguistiques, et elles les recherchent également plus. L'observation simple que les filles sont plus encouragées et stimulées à développer le langage n'exclut évidemment pas la possibilité qu'il s'agisse d'une disposition à caractère évolué. En effet, si l'acquisition du langage est plus importante chez la petite fille que chez le petit garçon, l'on peut s'attendre à ce que l'évolution ait

³⁰ Il semble que les hommes utilisent le langage beaucoup plus pour établir la dominance: ils interrompent notamment plus souvent leur interlocuteur (Bilous & Krauss, 1988, in HALPERN 1992, p. 67).

favorisé la tendance chez les parents à stimuler plus les filles que les garçons. Dans la même logique, la petite fille «a tout intérêt» à rechercher des situations sociales riches et stimulantes, alors que le petit garçon «profite» de la recherche d'autres situations dans lesquelles il peut faire les apprentissages «significatifs» pour lui, donc importants dans l'environnement ancestral (voir ci-dessus, développement de l'avantage masculin dans les capacités de navigation).

Cependant, au moins une tâche à contenu verbal mène de façon consistante à un avantage masculin: la tâche des analogies verbales (trouver un mot associé à un autre mot de la même façon que deux autres mots donnés). Il semble que cette tâche, verbale dans son contenu, fasse appel à des processus cognitifs différents que les autres tâches verbales plus «féminines», comme les fluences verbales.

Nous avons déjà annoncé que nous ne retiendrons ici que les fluences verbales comme mesure de l'avantage féminin dans les habiletés verbales, pour la raison qu'elles ont été considérées comme des compétences biologiquement-primaires (GEARY, 1996). Nous utiliserons deux types de critère d'induction: sémantique et phonologique. Il semble que les fluences verbales à induction phonologiques mènent aux avantages féminins les plus importants.

Cependant nous avons également introduit des épreuves que l'on pourrait qualifier de fluence verbale, mais dont le contenu est mixte (verbal/spatial). Nous les décrirons ci-dessous parmi les différences sexuelles dans les habiletés visuo-spatiales, parce que pour certains auteurs (e.g., HALPERN, 1992) elles peuvent sembler plus proches des tâches spatiales.

II.6. Les différences sexuelles dans les habiletés visuo-spatiales

A l'instar de notre discussion sur l'évolution des différences sexuelles dans les capacités visuo-spatiales, nous nous concentrerons ici sur les résultats empiriques en rapport avec l'horizontalité du niveau de l'eau, la mémoire spatiale, les capacités de navigation et les connaissances géographiques. L'inclusion des connaissances géographiques dans cette section-ci peut sembler étrange, mais est tout à fait justifiable: *«geographical knowledge is [thought to be] stored in a spatial memory code, so*

there is a theoretical basis for linking geographical knowledge to spatial abilities (Kosslyn, Ball, & Reiser, 1978)» (HALPERN, 1992, p. 213-4).

II.6.1. Horizontalité du niveau de l'eau

«Piaget's Water Level Test is particularly **puzzling**: [...] It does not seem likely that males have more or better experiences with a tipped glass of water. In fact, one could argue that females, the primery cooks and dishwashers in many homes, might have more related experience with tipped glasses of water and other liquids than males. Nor does it seem likely that females are less able to express this knowledge with an approximately horizontal line. [Such an ability] is a "low level skill"» (HALPERN, 1992, p. 240, mise en évidence ajoutée).

En effet, il a souvent été rapporté que les sujets masculins devançaient les sujets féminins dans la maîtrise de l'horizontalité gravitationnelle à la tâche du niveau d'eau (ROBERT, 1990). Cet avantage masculin est souvent attribué à des facteurs socioculturels. Cependant certaines des études effectuées dans d'autres cultures ont montré un patron de différences sexuelles similaire à celui observé dans les pays «de l'Ouest» (e.g., AMPONSAH, 1997).

D'autres auteurs encore, utilisant des contextes plus «écologiques», trouvent aussi une persistance de l'avantage masculin au test du niveau d'eau.

«Kalichman (1989) investigated the possibility that the results [sex differences on a water level test] reflect some idiosyncrasy of the test rather than sex differences in either knowledge that water remains horizontal or the ability to draw an approximately horizontal line. [With a] more "ecologically valid" test [...] Kalichman [still] found significantly fewer college women than men draw[ing] an approximately horizontal line to indicate the water level in [...] the human context format. [Thus] sex differences on the water-level task remain **robust regardless of task context**» (HALPERN, 1992, p. 73, mise en évidence ajoutée). L'avantage masculin n'est pas dû à l'incapacité des femmes à juger de l'horizontale, ni à leur incapacité motrice à dessiner des lignes horizontales (ROBERT ET AL., 1993). De plus, même si les sujets évaluent la tâche comme neutre par rapport au genre, l'avantage masculin continue à exister (voir ROBERT, 1990). Il ne semble donc pas que les femmes aient une performance moins bonne parce qu'elles pensent ne pas pouvoir réussir la tâche. Cependant Michèle Robert et collègues (e.g., ROBERT, PELLETIER, ST-ONGE, BERTHIAUME, 1993;

BERTHIAUME, ROBERT, ST-ONGE, PELLETIER, 1993) ont démontré que la modalité de présentation de la tâche (visuelle *vs.* haptique) a une influence majeure sur la différence sexuelle; elle est absente dans la modalité haptique. Il semble donc que, dans la modalité visuelle, les femmes soient plus «*distract[ed] [by] visual information [that] drives [them] into a misleading processing strategy*» (BERTHIAUME ET AL., 1993, p. 60). De plus, le contexte plus ou moins «spatial» induit par les consignes semble avoir une influence sur les performances différentielles des hommes et des femmes à des tests spatiaux (SHARPS, WELTON, & PRICE, 1993). Afin de ne pas indiquer ouvertement les sujets vers le principe d'horizontalité de l'eau, on leur demande souvent de représenter (dessiner ou choisir un dessin) le niveau d'un même volume d'eau dans une bouteille inclinée que dans une bouteille en position normale (conservation du volume). Il se pourrait alors que certains sujets (en l'occurrence plus de femmes) soient influencés par les indices visuels de la bouteille, alors que d'autres ne le sont pas et appliquent correctement le principe d'horizontalité. Notre question était alors de savoir si, dans des conditions encore plus éloignées du contexte spatial, l'avantage masculin pouvait persister. Nous avons alors imaginé des consignes qui n'induisent pas directement le principe d'horizontalité et qui ne font pas référence à la conservation du volume. Elles devraient donc être susceptibles de distraire encore plus les sujets de la réponse pertinente. La consigne demandait une tâche du type suivant: «Voici des sportifs qui ont fait un effort, ils ont soif et veulent boire de l'eau. Votre tâche est de remplir leurs bouteilles». Les bouteilles présentées aux sujets se trouvent dans des positions inclinées. De plus, la consigne insiste sur le fait que les bouteilles en question sont fixées sur un support (qui n'est pas repris sur le dessin), afin d'éviter que les sujets tiennent intuitivement compte du mouvement d'inclinaison de la bouteille. Les candidats sont donc libres d'indiquer le volume d'eau qu'ils désirent et ne doivent pas le faire équivaloir à un volume donné. Il est clair que rien n'indique aux sujets que l'eau dans la bouteille, pourtant inclinée, doit être horizontale. L'accent est mis sur l'estimation de la quantité d'eau que le personnage voudrait boire. La seule variable pertinente pour notre propos est cependant le degré d'horizontalité du niveau d'eau représenté, et non le volume d'eau. Si l'avantage masculin persiste dans ces conditions très éloignées du contexte classique de conservation du volume, alors il ne peut pas simplement être dû à des paramètres du contexte de performance, mais résulte bien

d'une meilleure connaissance -- explicite ou implicite -- du principe d'horizontalité du niveau d'eau chez les hommes.

II.6.2. Mémoire spatiale

Les prédictions de Silverman et Eals sur l'avantage féminin dans la mémoire spatiale ont été largement confirmées aussi bien dans des épreuves de papier-crayon, administrées en groupe, que dans des épreuves plus écologiques, où les sujets «devaient» mémoriser la localisation d'objets réels dans une salle d'expérience. L'avantage féminin persistait même lorsqu'ils demandaient explicitement aux sujets de mémoriser les objets et leurs localisations.

«Cependant, l'avantage féminin pour la localisation des objets semble varier avec le degré de familiarité des objets et les conditions d'apprentissage, en particulier si l'on demande directement aux participants de mémoriser les localisations des objets (mémorisation dirigée) ou indirectement (mémorisation incidente)» (GEARY, à paraître). Avec des objets familiers, les femmes ont des performances supérieures dans les deux conditions, alors qu'avec des objets non familiers (*uncommon objects*) elles ne dépassent les hommes que dans la condition de mémorisation incidente. Ceci suggère, selon Eals et al. (1994), que les femmes, plus que les hommes, font attention aux objets nouveaux dans leur environnement de façon implicite et mémorisent presque automatiquement leurs localisations.

L'inclusion d'objets non familiers dans l'étude de Eals et al. (1994) était censée éliminer l'hypothèse selon laquelle l'avantage féminin pourrait être expliqué par l'intervention de processus verbaux, qui pourraient surtout aider les femmes à mémoriser les objets³¹. Partant de la supposition que les sujets n'auraient pas d'étiquettes verbales à leur disposition pour mémoriser des objets non familiers, voire fictifs, les auteurs pensaient que des processus de type spatial pouvaient seuls rendre compte de l'avantage féminin pour la mémoire de la localisation des objets. Les résultats de leur étude (1994, *study one*) semblent confirmer que l'avantage féminin pour la localisation des objets persiste dans ces conditions modifiées, alors que l'avantage pour l'identité des objets n'est plus significatif. Les femmes

³¹ «L'avantage féminin dans le rappel de configurations d'objets pourrait être médiatisé par leurs capacités verbales supérieures, en particulier, leurs plus grandes capacités à rappeler des noms d'objets (Maccoby & Jacklin, 1974)» (EALS ET AL., 1994, p. 97).

disposeraient donc de capacités de nature spatiale en relation avec les pressions sélectives liées à l'activité de cueillette.

Cependant, nous pensons que l'utilisation d'objets non familiers n'exclut nullement la possibilité d'une intervention de processus verbaux dans la genèse de l'avantage féminin pour la localisation des objets. Il se pourrait notamment que les femmes aient plus de facilités que les hommes à trouver des noms pour des objets nouveaux, inconnus. Voilà pourquoi nous avons décidé d'inclure dans le présent travail une condition modifiée de la tâche papier-crayon utilisée dans leur étude (1994, *study one*), en plus de la condition classique de mémorisation incidente. Nous avons, en effet, demandé à des sujets (du groupe dit «*verbal*», cf. infra) de dénommer les mêmes dessins d'objets fictifs, non familiers que Eals et al. avaient montrés à leurs sujets, avant d'effectuer les tâches de mémoire des objets et de leurs localisations. Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle l'avantage féminin dans la mémoire spatiale devrait sensiblement augmenter dans cette condition modifiée par rapport à la condition classique, s'il était médiatisé par l'intervention de processus verbaux supplémentaires aux processus plus spatiaux.

En effet, si les femmes ont naturellement tendance à utiliser une stratégie d'encodage verbal des objets, alors la consigne exigeant la dénomination des objets devrait avoir une influence positive sur leur performance comparée à celle des hommes. Les consignes, dans ce cas, renforceraient des processus favorables à la performance chez les femmes plus que chez les hommes.

Si, par contre, les femmes n'utilisent pas plus que les hommes des processus d'encodage verbal dans la mémorisation spatiale, alors la dénomination des objets ne devrait avoir aucune influence spécifique sur les performances ni des femmes ni des hommes. La dénomination des objets rendrait ceux-ci simplement plus saillants et renforcerait leur mémorisation tant chez les femmes que chez les hommes.

Afin de raffiner encore plus l'analyse de l'intervention des processus verbaux dans la mémoire spatiale nous avons considéré la possibilité que les femmes utilisent plus aisément une stratégie d'encodage verbal que les hommes. Le nombre d'objets dénommés devrait donc corrélérer avec la performance de mémoire spatiale plus chez les femmes que chez les hommes. Notons cependant que, vu la nature des objets utilisés (voir FIGURE 4, p. 77 et p. 111), il se pourrait également que ces objets non familiers s'approprient mieux à une verbalisation de type masculin. En effet, la plupart

des objets ressemblent fortement à des pièces mécaniques, pour lesquelles on sait que les hommes ont plus d'intérêt et dont ils ont plus de connaissances que les femmes.

II.6.3. Capacités de navigation

«There is not enough research at this time to conclude that there are any differences in how males and females find their way around in the world»

-- Halpern (1992, p. 70)

Différences de stratégie

Lawton (1994) a mis en évidence que les hommes et les femmes utilisent deux types de connaissances différents pour réaliser des tâches de navigation. Les hommes utiliseraient préférentiellement une stratégie d'orientation, guideraient leur comportement exploratoire en se déplaçant par rapport à des points de référence, et construiraient une carte cognitive de l'espace navigué intégrant des routes dans un réseau de relations spatiales. Les femmes, de leur côté, utiliseraient plutôt une stratégie de route, c'est-à-dire qu'elles mémoriseraient l'espace par apprentissage d'une séquence d'indications concernant la façon d'aller d'un endroit à un autre, et s'occuperaient donc à spécifier des suites d'actions pour effectuer leurs déplacements. Notons que ces deux types de stratégies permettent, en principe, la réussite de la tâche de navigation. Le sens de l'orientation plus spécifiquement acquis par les hommes demeure, cependant, plus avantageux puisqu'il permet un apprentissage plus rapide de l'environnement à parcourir. La formation d'une vue générale favorise également la formation d'informations nouvelles -- non directement disponibles dans les données perceptives -- et permet donc, plus aux hommes qu'aux femmes, de prendre des raccourcis pour effectuer les trajets demandés. Ce type de connaissance autorise une plus grande flexibilité dans la navigation.

Quant aux femmes, Lawton rapporte que la «connaissance de routes» reste relativement rigide et facilement désorganisable par un changement éventuel de la

séquence d'actions. Aussi, les femmes font-elles souvent preuve d'une plus grande anxiété spatiale (voir ODILLE & MICHOT, 1995; MARTIN, 1998; SCHMITZ, 1995).

Enfin, l'étude de Galea et Kimura (1993) montre une différence de stratégie d'apprentissage de cartes nouvelles. Les hommes seraient plus performants dans la connaissance des propriétés euclidiennes (stratégie «géométrique») en rapport avec leurs connaissances de la configuration spatiale, les distances et les directions. Ils feraient moins d'erreurs et nécessiteraient moins de temps que les femmes pour apprendre les cartes. Elles rapportent également que Holding et Holding (1988, cité dans GALEA ET AL., 1993) avaient mis en évidence que les hommes étaient capables de jugements de distance plus précis. Les femmes, par contre, utiliseraient plus souvent une stratégie de «points de repère» du fait qu'elle retiennent un nombre plus important de points de repère que les hommes. Cette stratégie semble moins avantageuse pour l'apprentissage d'une carte. En effet, le succès de l'apprentissage de la carte et des trajets des hommes et des femmes relevait plus de la capacité spatiale que de la mémorisation des points de repère, la capacité spatiale étant mesurée à l'aide d'épreuves de rotation mentale. Il semblait donc que la différence entre hommes et femmes dans la connaissance de la carte correspondrait à une différence d'efficacité de la stratégie spatiale.

Nous avons relevé que les hommes étaient plus précis dans leur connaissance des relations spatiales entre objets. Cependant Silverman et Eals (1992) avaient aussi montré une supériorité des femmes dans le rappel de la localisation des objets (déplacés *vs.* non déplacés). Galea et al. (1993), considérant à la fois ces résultats et les leurs, concluaient que les femmes se rappellent de plus points de repère que les hommes et ont une meilleure performance dans les régions (de la carte) qui contient un plus grand nombre de points de repère. Ceci suggère que les femmes utilisent d'autres processus de navigation en relation avec leur meilleure capacité de mémoire spatiale (même si celle-ci n'est pas très précise). Cette différence de capacités spatiales a été interprétée par Gaulin et collaborateurs de la façon suivante: «*sex differences in spatial ability evolved through differences in range size (Gaulin & Fitzgerald, 1986; Gaulin & Hoffmann, 1987)*» (GALEA ET AL., 1993). La mémoire pour les points de repère, supérieure chez les femmes, pourrait, de ce fait, être liée au fait que les points de repère seraient plus utiles pour les déplacements à courtes distances, alors que les indices d'ordre euclidien seraient plus utiles pour les trajets à

longues distances (voir aussi Kimura & Hampson, à paraître, cité dans GALEA ET AL., 1993).

Vers des épreuves «écologiquement valides»

«Caplan, MacPherson, and Tobin (1985) noted that the types of tasks that are used to assess spatial ability are fairly abstract and that a much more valid test would involve finding one's way in a real-world environment» (HALPERN, 1992, p. 70).

La seule critique que nous adresserions à l'ensemble de ces études est qu'elles utilisent des épreuves peu écologiques (selon notre compréhension du mot). Galea et al. (1993, p. 53) considèrent leur tâche d'apprentissage de cartes comme une activité «*real-world*», considération que nous ne contestons pas. Cependant, bien qu'elle mesure probablement les capacités de navigation, dont nous avons supposé une origine évolutive, nous croyons qu'il s'agit aussi d'une tâche assez artificielle. Nous avons précédemment élucidé les exigences cognitives posées par les problèmes de navigation dans un espace réel que nos ancêtres devaient rencontrer. D'autres études (e.g., SCHMITZ, 1995) ont utilisé des dispositifs expérimentaux plus réalistes encore, en demandant aux sujets de parcourir des couloirs de bâtiments qu'ils ne connaissaient pas avant. Schmitz (1995) montre notamment que lors du premier apprentissage du chemin correct, les filles étaient plus hésitantes et plus lentes à parcourir le labyrinthe en question, alors que leur taux d'erreur général était comparable à celui des garçons. Cependant les épreuves en milieu réel permettent un contrôle moins rigoureux des paramètres de la performance d'exploration que les épreuves standardisées, de même qu'elles ne permettent pas toujours d'éliminer des facteurs d'expérience et de familiarité avec l'espace en question. L'utilisation des micro-ordinateurs semble actuellement constituer une alternative préférable à l'utilisation d'épreuves papier-crayon dans ce domaine. Ils permettent un contrôle accru des paramètres de performances et d'égaliser le niveau de familiarité avec l'espace spécifique à explorer³². Certains auteurs (e.g. Regian, Shebilske & Monk,

³² L'expertise plus grande des garçons que des filles dans les jeux vidéo pourrait intervenir ici. Cependant, nous pensons pouvoir négliger cet aspect pour trois raisons: (1) l'intérêt masculin pour les jeux vidéo d'exploration de labyrinthe souvent très violents, semble en rapport avec ce que biologiquement les hommes seraient précisément «préparés» à rechercher comme expériences (GEARY, à paraître). Il s'agit donc d'un paramètre inhérent au style cognitif «masculin»; (2) l'environnement virtuel utilisé dans Martin (1997) représente un environnement beaucoup moins complexe et moins riche en détails que les jeux actuellement disponibles sur le marché; (3) cet

1992, cité dans MARTIN, 1997) ont par ailleurs montré l'équivalence entre apprentissage en environnement réel et en environnement simulé³³. Ainsi Romain Martin (1997) de l'Université de Nancy 2 a récemment développé une tâche d'exploration d'un labyrinthe virtuel en 3D afin d'étudier le comportement exploratoire et les différences individuelles en termes de représentations mentales et de stratégies cognitives. Il a notamment spéculé sur l'existence de deux modes de traitement de l'information spatiale: «un mode de traitement "spatial" [...] accessible à des sujets ayant des compétences élevées spécifiquement spatiales, [et] un mode de traitement "non-spatial" applicable aux informations spatiales, accessible à des sujets ayant des compétences plus générales [verbales?], non spécifiquement spatiales» (MARTIN, 1997, p. 74).

Un modèle neuropsychologique de la cognition spatiale

Dans une étude ultérieure, Martin (1998) a mis en évidence l'existence d'au moins deux systèmes de traitement de l'information spatiale, plus spécifiquement en rapport avec la précision de la représentation de l'information spatiale (localisation, distances, relations géométriques). Il a rattaché ces deux systèmes à la *voie neuronale pariétale*, par opposition à la *voie temporale* (ventrale) responsable de la représentation de l'identité des objets perçus (voir FIGURE 2).

Se basant sur des données neuropsychologiques, Kosslyn (1988) avait fait l'hypothèse qu'à l'intérieur du **système dorsal** (ou pariétal), responsable du traitement de la localisation des objets dans l'espace, on pourrait distinguer deux sous-systèmes distincts:

- un sous-système en rapport avec les représentations **catégorielles** (agencement des objets à l'intérieur de l'espace), plutôt situé dans l'hémisphère gauche (donc plus proche du langage);

environnement est nouveau pour tous les sujets, masculins et féminins, les différences de performances à l'exploration reflètent donc la qualité des apprentissages réalisés dans des conditions contrôlées.

³³ Certains diront que les espaces virtuels, de nature essentiellement visuo-spatiale, ne correspondent pas assez aux conditions réelles de navigation. Dans le comportement exploratoire en milieu réel interviennent d'autres traitements d'information, notamment kinesthésique, moteur, énergétique (ressources consommées en relation avec la distance parcourue), etc. Cependant, nous croyons qu'il s'agit d'une assez bonne approximation du comportement en milieu naturel, surtout en raison de l'éminence de la modalité visuelle dans le comportement exploratoire normal (voir aussi THINUS-BLANC, GAUNET ET PÉRUICH, 1996, pp. 19-27).

- et un sous-système en rapport avec les représentations coordonnées, **métriques** formées à partir des relations spatiales observées, situé dans l'hémisphère droit, et soutenant le contrôle de l'attention visuelle lors de l'exploration d'une scène, probablement utilisé dans le comportement de navigation.

Les représentations métriques semblent faciliter le comportement de navigation puisque les relations spatiales entre objets y sont déterminées avec précision, alors que les représentations catégorielles seraient plus grossières. Ces deux types d'encodage auraient des «coûts cognitifs» différents, mais également des «bénéfices» distincts, à cause de l'inégalité de précision des représentations qu'ils engendrent.

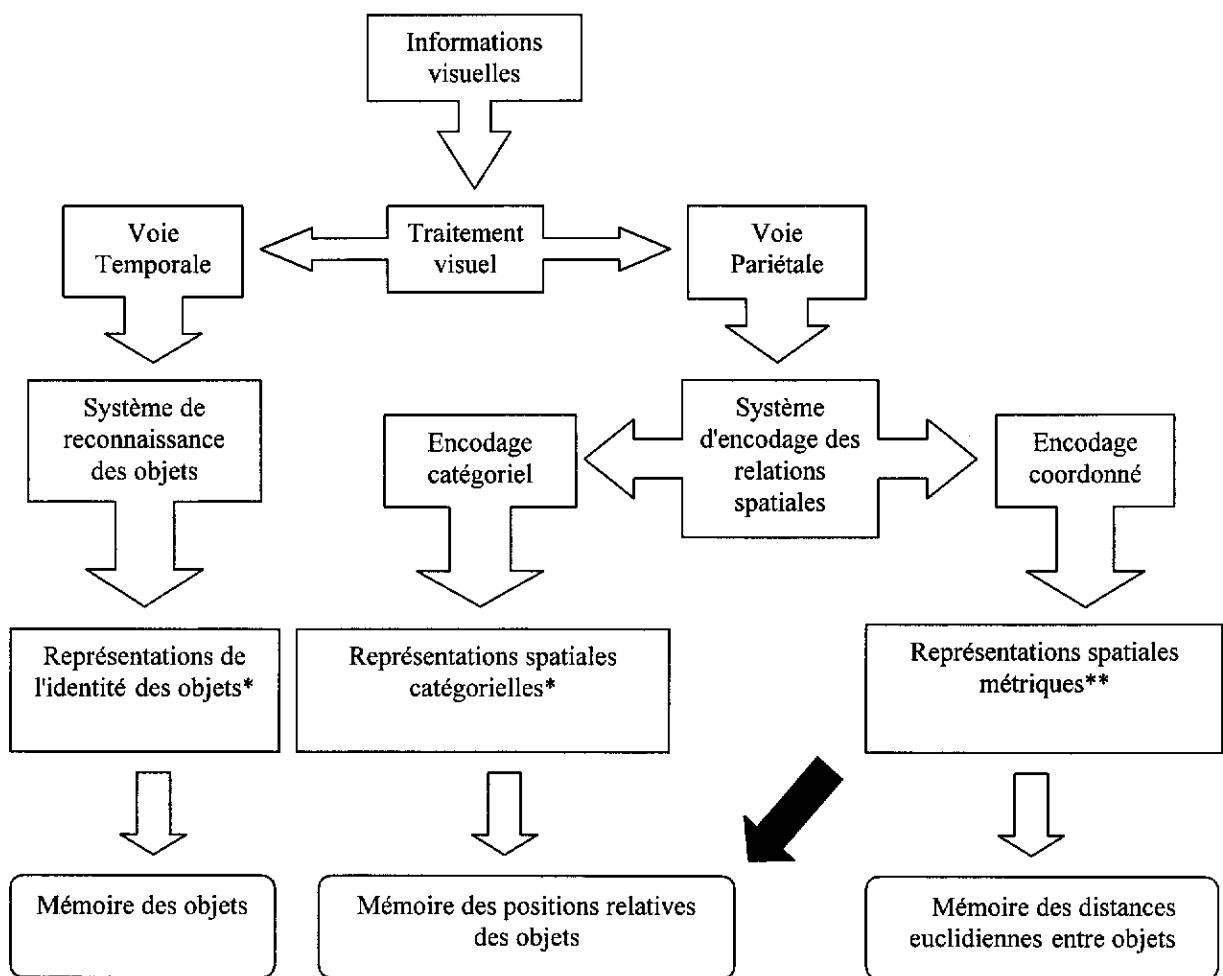


FIGURE 2. Les différentes voies de traitement des informations visuo-spatiales.

* Représentations facilement verbalisables

** Représentations difficilement verbalisables

Dans la mémoire des positions relatives des objets pourraient aussi intervenir des représentations spatiales précises (flèche en noir). Le comportement exploratoire serait influencé par les trois types de mémoire visuo-spatiale.

Le système catégoriel fait un «encodage brut de la configuration visuelle des points de repère saillants et distinctifs» (ODILLE ET AL., 1995, p. 20), mais peu économique au niveau comportemental car il dépend entièrement des stimuli spécifiques perçus dans le contexte donné (MARTIN, 1993). Le système métrique, par contre, nécessite un traitement cognitif plus intensif, car opérant une construction abstraite de relations spatiales précises. Cependant il est aussi plus efficace car, pour qu'une représentation à qualité métrique puisse être réalisée sans l'intervention d'un encodage métrique, il faut augmenter le nombre de relations topologiques connues afin de compenser le manque de précision de l'encodage simplement catégoriel.

L'activité de navigation fait cependant appel à ces deux systèmes de traitement. En effet, il faut non seulement encoder les interrelations entre objets, mais également encoder les endroits où ces objets se trouvent. On suppose (ODILLE ET AL., 1995) que le système temporal (encodage des objets) et le système pariétal (encodage des interrelations entre endroits) interviennent conjointement, avec intégration de ces deux types de représentation à l'intérieur de l'hippocampe. C'est précisément la taille (ou le volume relatif au volume cérébral) de l'hippocampe que Gaulin et collègues (e.g., GAULIN, 1995) supposent être le locus de la différence entre les sexes dans les capacités de navigation spatiale, du moins chez les espèces polygames (cf. supra). Nos spéculations sur la nature de la différence sexuelle dans les capacités de navigation (ou de rotation mentale) en termes d'utilisation différentielle de ces deux systèmes d'encodage spatial par les sexes sont les suivantes. La différence de rapport coût/bénéfice associée à l'utilisation de ces deux types de processus peut être mise en relation avec les pressions sélectives différentes s'exerçant sur les deux sexes, en rapport avec les activités de chasse, respectivement de cueillette.

Afin d'étudier les liens éventuels entre ces deux modes de traitement de l'information spatiale et les différences sexuelles dans les capacités visuo-spatiales, nous avons repris l'épreuve d'exploration spatiale de Martin tout en modifiant les conditions expérimentales de passation de l'épreuve. En effet, nous avons constitué deux groupes de sujets qui passaient soit une condition favorisant un encodage spatial, de type carte mentale, soit une condition favorisant un encodage verbal, de type description catégorielle. Après les tâches d'exploration et de navigation, nous

avons demandé aux sujets des deux groupes de nous fournir une description de l'espace exploré, soit sous forme visuo-spatiale (dessin d'une carte), soit sous forme verbale (description de trajets). Nous présumons que ces descriptions peuvent refléter la qualité des représentations mentales que nos consignes (encodage verbal *vs.* encodage spatial) devaient induire, ce qui nous permettra de vérifier si ces représentations sont en relation, éventuellement différentielle selon les sexes, avec les performances à la tâche d'exploration du labyrinthe.

Etant donné que Kosslyn (1988) avait rattaché le sous-système catégoriel à l'hémisphère gauche nous pouvons supposer que la verbalisation des relations spatiales devrait favoriser l'activation de ce système. D'un autre côté, la consigne favorisant l'encodage visuo-spatial devrait augmenter l'activation des processus métriques. Sachant que l'efficacité du système métrique est plus grande pour réaliser l'exploration du labyrinthe (MARTIN, 1998), et que la proportion de sujets masculins tend à être plus élevée que celle des sujets féminins dans le groupe des «sujets performants» (ODILLE ET AL., 1995), nous assumons que les hommes utilisent naturellement plus que les femmes, ou de façon plus efficace, le système métrique pour effectuer des tâches de navigation. D'un autre côté, il semble que les capacités liées au langage soient plus développées chez les femmes que chez les hommes (HALPERN, 1992). Le système catégoriel, contenant des informations spatiales facilement verbalisables (gauche/droite, haut/bas), pourrait donc être plus performant chez les femmes, ce qui est également suggéré par leur mémoire spatiale plus élevée (SILVERMAN ET AL., 1992, OLSON ET AL., 1988). D'autres auteurs ont d'ailleurs émis les mêmes idées de façon plus générale:

«Subjects could rely quite well on verbal strategies when they have to maneuver through a real-world space (e.g., turn at the green house)» (HALPERN, 1992, p. 70).

Hypothèses de base

Ainsi, nous formulons l'hypothèse selon laquelle nous nous attendons à une interaction entre les variables sexe (masculin *vs.* féminin) et condition expérimentale (verbale *vs.* spatiale) en ce qui concerne la performance de navigation dans le labyrinthe virtuel de Martin (1997, 1998).

Mesures des processus métriques

De façon plus générale, nous nous attendons à un avantage masculin à cette épreuve pour toutes les variables liées à une performance de type métrique, c'est-à-dire la précision et la détermination des déplacements effectués (e.g., nombre de mouvements, pourcentage de trajets directs sur les trajets réussis, nombre de changements de direction de 180°). Au niveau des indices plus généraux (e.g., taux de trajets réussis) nous ne nous attendons pas à observer de différence sexuelle significative. Rappelons que les divers auteurs cités ci-dessus avaient suggéré que la stratégie «féminine», bien que moins efficace à certains égards, permet tout de même de réaliser les tâches de navigation.

L'ensemble de ces paramètres de la performances que nous retiendrons correspondent à ceux que nous croyons importants à la lumière des considérations sur l'évolution des capacités de navigation. En effet, plus le chemin emprunté par le sujet est court, plus sa représentation de l'espace est bonne; plus le nombre de changements de direction est petit, moins le sujet a besoin de regarder autour de soi pour initier le mouvement, plus son sens de l'orientation est donc développé. En effet, précisons que pour avoir une bonne performance de navigation, rapide et courte, le sujet doit résoudre un certain nombre de problèmes.

Premièrement, lorsque le sujet est placé à un certain endroit du labyrinthe, la première chose qu'il doit faire est savoir où il se trouve et dans quelle direction il est tourné par rapport à l'item cible qu'il doit rechercher. Ensuite, il doit se représenter le parcours qu'il doit emprunté pour arriver à la cible. Finalement, il doit effectuer les mouvements définis par cette représentation. En début de course, il peut vérifier sa position en se retournant, il accomplit donc des changements de direction, en regardant autour de soi. De plus, s'il s'est trompé de chemin et qu'il le remarque, il devra se réorienter, éventuellement en faisant des changements de directions (rotation de 180°). Pour ces deux raisons (s'orienter et se réorienter) le nombre de changements de direction indique l'incertitude du sujet à l'égard du chemin à emprunter, au début et en cours de route.

D'autres indices, comme le nombre de pas utilisés pour tourner ou la durée totale de rotation, sont trop influencés par la familiarité des sujets avec la manipulation d'un clavier d'ordinateur. Nous ne les avons donc pas utilisés pour opposer les performances des hommes et des femmes.

Mesures des processus catégoriels

D'un autre côté, nous nous attendons à une plus grande intervention des processus catégoriels dans la performance des femmes: les femmes devraient avoir des performances meilleures dans les régions du labyrinthe contenant plus de points de repère, leur performance devrait donc aussi dépendre plus du nombre de points de repères retenus (lors des descriptions verbales ou des dessins de cartes) que celle des hommes, et, de façon plus générale, leur performance devrait être plus en rapport avec la qualité de leurs descriptions verbales que celle des hommes.

II.6.4. Connaissances géographiques

Nous avons inclus des épreuves de fluences verbales mixtes, c'est-à-dire que la réponse est donnée verbalement alors que le matériel, sur lequel les opérations mentales sont effectuées, est de nature spatiale. Nous avons développé ces épreuves afin de tester la proposition de Halpern et Wright (1996) concernant la catégorisation des processus cognitifs «masculins» et «féminins». Elles ont insisté sur l'inadéquation de la distinction classique entre capacités verbales et capacités visuo-spatiales, distinction simplement basée sur la nature du contenu de l'épreuve. Elles ont alors proposé une autre distinction, basée sur la nature des processus cognitifs utilisés pour la résolution des épreuves. La catégorisation qu'elles offrent est la suivante: «*the tasks at which females, on the average, perform better, [are] tasks [which] require rapid access to and retrieval of information that is stored in memory. [...] Males [...] perform better at tasks [which] all require the ability to maintain and manipulate mental representations*» (HALPERN ET AL., 1996, p. 9, mise en évidence ajoutée).

Cependant, Hyde avait déjà contesté la pertinence de cette approche, en insistant qu'il y avait «*[some] data that contradict their hypothesis. First, men performed better at simple arithmetic tasks, [...] that required quick retrieval from long-term memory and should thus favor women. [...] A second aspect of [their] data [...] contradicts their hypothesis [which assumes] that [the] capacity for rapid retrieval is a stable individual-differences variable. [...] Yet [the] correlations between performance on these tasks [with the same underlying memory-access process] are not significant and close to zero. [...] These correlations are clearly inconsistent with the[ir] hypothesis. [...] If these [dimensions of*

cognitive processing] are not stable processing tendencies, then it makes no sense to talk about gender differences in them» (HYDE, 1996, p. 34, mise en évidence ajoutée).

Nous tenterons également de montrer que cette distinction entre processus cognitifs «masculins» et «féminins» ne peut être retenue, pour des raisons empiriques que nous apporterons. En effet, nous avons demandé à des sujets (masculins et féminins) de réaliser verbalement deux tâches sur des pays du monde (faisant donc appel à leurs connaissances géographiques). La première consiste simplement à énumérer le plus de noms de pays du monde possible, alors que la deuxième demande d'organiser la réponse verbale selon un critère géospatial (du nord vers le sud et de l'ouest vers l'est, donc selon le sens de lecture). Si, en effet, la distinction proposée par Halpern et al. est correcte, nous devrions nous attendre à un avantage féminin pour la première tâche et un avantage masculin pour la deuxième. En effet, la première tâche fait appel aux processus cognitifs que Halpern et al. qualifiaient d'accès rapide et de recherche dans la mémoire à long terme, pour lesquels les femmes seraient plus performantes; alors que la deuxième tâche exige que l'on maintienne et manipule mentalement des informations. Ici les sujets doivent se représenter mentalement un continent avant d'accéder à la réponse verbale adéquate. La vitesse de production ne semble guère relevante, c'est plutôt la précision de la représentation mentale qui importe. Il s'agit d'ailleurs d'une épreuve assez difficile. Cependant, nous savons que les hommes ont des connaissances géographiques meilleures que les femmes, mesurées avec d'autres tâches, où l'on demande aux sujets de localiser des places sur une carte ou de faire correspondre des noms de pays à des enclos dessinés sur des cartes (SNYDER & HARRIS, 1996). L'on pourrait donc objecter que des épreuves faisant intervenir de telles connaissances relèvent plutôt des expériences personnelles, sociales et éducationnelles. Or Halpern (1992, p. 213) rapporte que *«Beatty and Troster (1987) found that males more accurately located places on maps of the United States than females. These sex differences could not be attributed to education, travel history, or desire to travel»*. Il semble donc plutôt que le format spatial de la représentation soit en cause dans l'avantage masculin, probablement lié aux compétences spatiales d'origine évolutive. Snyder et Harris, de leur côté, ont observé un patron de résultats plus complexe qu'un simple avantage masculin. En effet, les femmes gauchères dépassaient les femmes droitères, ce qui, d'après les auteurs, ne peut pas être simplement expliqué par des modèles

socioculturels, mais est consistant avec le modèle neuropsychologique de Harshman et al. (1983, cité dans SNYDER ET AL. 1996) sur les capacités spatiales.

L'inclusion du test de fluence verbale géographique et du test d'organisation spatiale de la réponse verbale constitue donc une manipulation valide dans le cadre théorique du présent travail, puisqu'ils peuvent être mis en relation avec les compétences spatiales, impliquées dans la rotation mentale, la lecture de cartes et la navigation spatiale (voir aussi GALEA ET AL., 1993). De plus, ils peuvent s'avérer être des tests critiques de la conceptualisation de Halpern et al. comme nous l'avons déjà mentionné.

II.7. L'étude des effets de présentation intermodale

Les manipulations expérimentales (conditions modifiées) que nous avons présentées ci-dessus relèvent toutes (sauf celle concernant le test du niveau d'eau) de la logique de la présentation intermodale. Nous demandons aux sujets de réaliser des traitements verbaux sur du matériel visuo-spatial (*input* perceptif ou représentations mentales), par exemple, verbaliser les relations spatiales dans un labyrinthe. Ces épreuves modifiées sont sensées nous informer sur la nature des différences de sexe dans les habiletés verbales et visuo-spatiales. De nombreuses études et modèles théoriques ont suggéré que les différences dans les capacités spatiales relevaient de l'utilisation de processus cognitifs distincts entre les sexes. Les femmes feraient notamment appel à des stratégies d'encodage verbal pour réaliser des épreuves spatiales, ce qui dans certains cas, mais pas tous, peut s'avérer moins efficace qu'une stratégie d'encodage spatial. Cette dernière serait plutôt spécifique aux hommes. Nous avons ainsi développé deux formes parallèles d'épreuves verbales et visuo-spatiales, l'une classique et l'autre modifiée. Les épreuves modifiées feraient appel à des processus différents que les épreuves classiques, soit suggérant des encodages mixtes, soit induisant des contextes différents.

Méthode

I. Sujets

En tout 72 étudiants de niveau d'études supérieures (universitaires ou équivalentes), ont participé à l'expérience³⁴. Il s'agit de 33 hommes (âge moyen: 21.94; écart-type: 1.97; gamme: 18-27), dont 27 droitiers et 6 gauchers manuels, ainsi que de 39 femmes (âge moyen: 21.54; e-t: 2.53; g: 18-29), dont 35 droitières et 4 gauchères manuelles. La dominance manuelle est indiquée par les sujets. Les sujets sont, soit des volontaires recueillis à l'Université libre de Bruxelles ou dans l'entourage de l'expérimentateur, soit des étudiants de première candidature à la faculté des sciences psychologiques et de l'éducation à l'ULB recevant deux crédits pour leur cours de psychologie expérimentale. Cinquante-cinq des sujets sont de langue maternelle française, 13 de langue maternelle luxembourgeoise et 4 de langues maternelles autres (néerlandaise, macédonienne, grecque et espagnole). Ils ont tous une vision normale ou corrigée.

II. Procédure générale

Tous les sujets sont testés individuellement par le même expérimentateur masculin. L'ensemble de la séance expérimentale entière dure environ 45 à 60 minutes par sujet. Les sujets sont assignés de façon aléatoire à l'un de deux groupes expérimentaux, définis comme groupe «*visuo-spatial*» et groupe «*verbal*» en fonction des conditions expérimentales auxquelles les sujets sont respectivement soumis. Les épreuves administrées dans la condition expérimentale dite «*visuo-spatiale*» correspondent aux épreuves classiquement décrite comme tâches à contenu visuo-spatial, alors que les épreuves de la condition expérimentale dite «*verbale*» correspondent à des versions modifiées de ces mêmes tâches. Elles induisent des contextes, des processus cognitifs ou des stratégies de résolution différents, en principe, de nature verbale. Ceci n'est pas le cas pour la condition modifiée du test

³⁴ Les caractéristiques détaillées des sujets (branche d'études, âge, dominance manuelle, etc.) se trouvent dans l'annexe 1.

de l'horizontalité du niveau d'eau, qui n'induit qu'un contexte moins spatial, mais pas franchement verbal. Les sujets du groupe «*verbal*» passent l'épreuve du niveau d'eau dans cette condition avant de réaliser les épreuves qui font réellement intervenir des consignes demandant des traitements verbaux.

Le groupe «*visuo-spatial*» est composé de 37 sujets dont 17 hommes et 20 femmes, le groupe «*verbal*» de 35 sujets dont 16 hommes et 19 femmes.

L'ordre général de passation des épreuves est tel qu'il répond aux deux conditions suivantes: (1) il y a alternance entre les épreuves à avantage masculin attendu et celles à avantage féminin attendu; (2) les tâches à contenu visuo-spatial précèdent celles à contenu verbal. Tous les sujets ne passent pas toutes les épreuves. Le TABLEAU 1 reprend les épreuves administrées et l'ordre de passation de ces épreuves pour chacun des groupes définis par la langue maternelle. Tous les sujets reçoivent les épreuves de la première phase de la séance expérimentale, donc les épreuves dites visuo-spatiales.

Épreuves	Langue maternelle			Effectifs (M,F)
	Française (27,28) ³⁵	Luxembourgeoise (4,9)	Autres (2,2)	
Horizontalité du niveau d'eau	1	1	1	72 (33,39)
Mémoire spatiale	2	2	2	72 (33,39)
Labyrinthe 3D	3	3	3	72 (33,39)
Reproduction	3 bis	3 bis	3 bis	72 (33,39)
Fluences verbales sémantiques	4			54 (26,28)
Fluence verbale «noms de pays»	5	4		67 (30,37)
Fluences verbales phonologiques	6	P - pour distraction		54 (26,28)
Fluence verbale géospatiale	7	5		67 (30,37)

TABLEAU 1. Les nombres de sujets ayant passé les différentes épreuves, conditions expérimentales confondues. L'ordre de passation est indiqué en fonction de la langue maternelle.

La deuxième phase de la séance concerne des tâches de fluences verbales que tous les sujets francophones natifs³⁶ réalisent, alors que les sujets de langue maternelle luxembourgeoise ne sont retenus que pour les tâches impliquant les connaissances géographiques (fluence verbale «noms de pays» et fluence verbale géospatiale). Les sujets de langues maternelles autres ne participent à aucune des tâches verbales.

³⁵ Notons qu'un des hommes francophones n'a pas été retenu pour les épreuves de fluences verbales à cause d'une trop grande familiarité avec ces tâches.

³⁶ Idem.

Tous les sujets participant aux tâches de fluence verbale et de connaissances géographiques sont testés dans leur langue maternelle. Pour les tâches de fluence verbale la distinction entre membres du groupe «*spatial*» et du groupe «*verbal*» ne s'applique plus. Tous les sujets sont alors regroupés et divisés seulement en fonction du sexe, quelle que soit leur «histoire expérimentale» dans la présente étude.

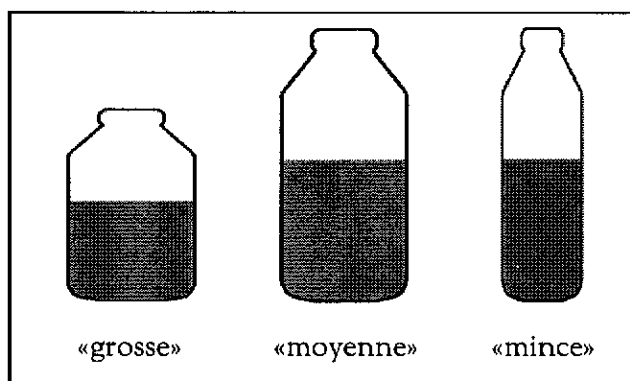
III. Epreuves

III.1. Horizontalité du niveau d'eau

Sujets. Les soixante-douze étudiants caractérisés ci-dessus participent tous à cette première épreuve. Trente-sept sujets, dont 17 hommes et 20 femmes (du groupe «*visuo-spatial*») la passent dans la condition classique, et 35 sujets différents, dont 16 hommes et 19 femmes (du groupe «*verbal*») la passent dans la condition modifiée. Rappelons que cette condition modifiée ne représente pas une situation plus verbale que la condition classique, mais simplement différente de cette dernière.

Stimuli. Trois bouteilles en position normale sont créées en faisant varier soit la hauteur soit la largeur d'une bouteille moyenne: une «grosse» (hauteur réduite), une «moyenne» et une «mince» (largeur réduite) (voir FIGURE 2). Ces trois bouteilles sont chacune inclinées dans différentes positions par rapport à la verticale selon trois angles différents. Les angles de rotation des différentes bouteilles sont les suivants (les angles négatifs indiquant une rotation en sens inverse des aiguilles de montre) pour la «grosse»: -30° , 35° , 65° ; pour la «moyenne»: 25° , -30° , 45° ; et pour la «mince»: -35° , 42° , 70° . Sur chacune des trois feuilles du questionnaire apparaissent trois bouteilles de formes différentes, dont au moins une est inclinée vers la gauche. L'épreuve compte donc 9 problèmes différents. Les mêmes dessins de bouteilles inclinées sont utilisés dans le même ordre pour les deux conditions expérimentales.

FIGURE 2. Les trois types de bouteilles en position normale. Les dimensions réelles sont respectivement: 3.5 x 2.4 cm; 5 x 2.4 cm; 5 x 1.5 cm.



Procédure. Dans la condition classique (comme dans ROBERT, 1990, par exemple) on demande au sujet d'indiquer, par un trait, sur le dessin d'une bouteille inclinée le niveau du volume d'eau représenté dans une bouteille identique en position normale. Les 9 paires de stimuli utilisés correspondent aux dessins des trois bouteilles en

position normale accompagnées par ces mêmes bouteilles vides inclinées dans trois positions différentes, selon les angles décrits ci-dessus. Les consignes données à la première page du questionnaire sont les suivantes: «Ci-dessous, vous trouverez une série de situations similaires. Dans chacune de ces situations, vous voyez une bouteille à moitié remplie avec de l'eau. Elle se trouve d'abord en position normale, puis elle est inclinée dans différentes positions. Votre tâche est d'indiquer par un trait le niveau correct de l'eau dans la bouteille inclinée» Les sujets sont informés qu'ils doivent essayer d'être le plus précis possible. Par contre, dans la condition modifiée on demande au sujet d'indiquer un volume d'eau dans une bouteille inclinée en fonction de l'estimation qu'il fait de l'effort lié à différentes activités sportives. Aussi, les dessins des bouteilles en position normale sont-ils remplacés par des dessins schématiques de sportifs (voir FIGURE 3). Les bouteilles inclinées restent les mêmes que dans la condition classique, ainsi que l'ordre de présentation de ces stimuli. Des lignes horizontales ont été ajoutées entre les différentes paires de stimuli afin de mieux délimiter les différents problèmes³⁷. Les consignes suivantes sont présentées aux sujets: «Ci-dessous, vous voyez une série de situations similaires. Dans chacune de ces situations, à gauche se trouve l'image d'un personnage qui a fait du sport. L'effort qu'il a fait peut être variable. A droite, se trouve une bouteille d'eau sur un support FIXE. Notre sportif va se rafraîchir avec l'eau de la bouteille. Votre tâche est d'estimer, et d'indiquer par un trait, le niveau de l'eau que notre sportif voudrait bien boire après son exercice». Les sujets sont également avertis

qu'ils doivent essayer d'être le plus précis possible. des questions éventuelles quant à la durée de l'activité sportive effectuée sont répondues de façon à suggérer des durées équivalentes, mais sans préciser une durée particulière.

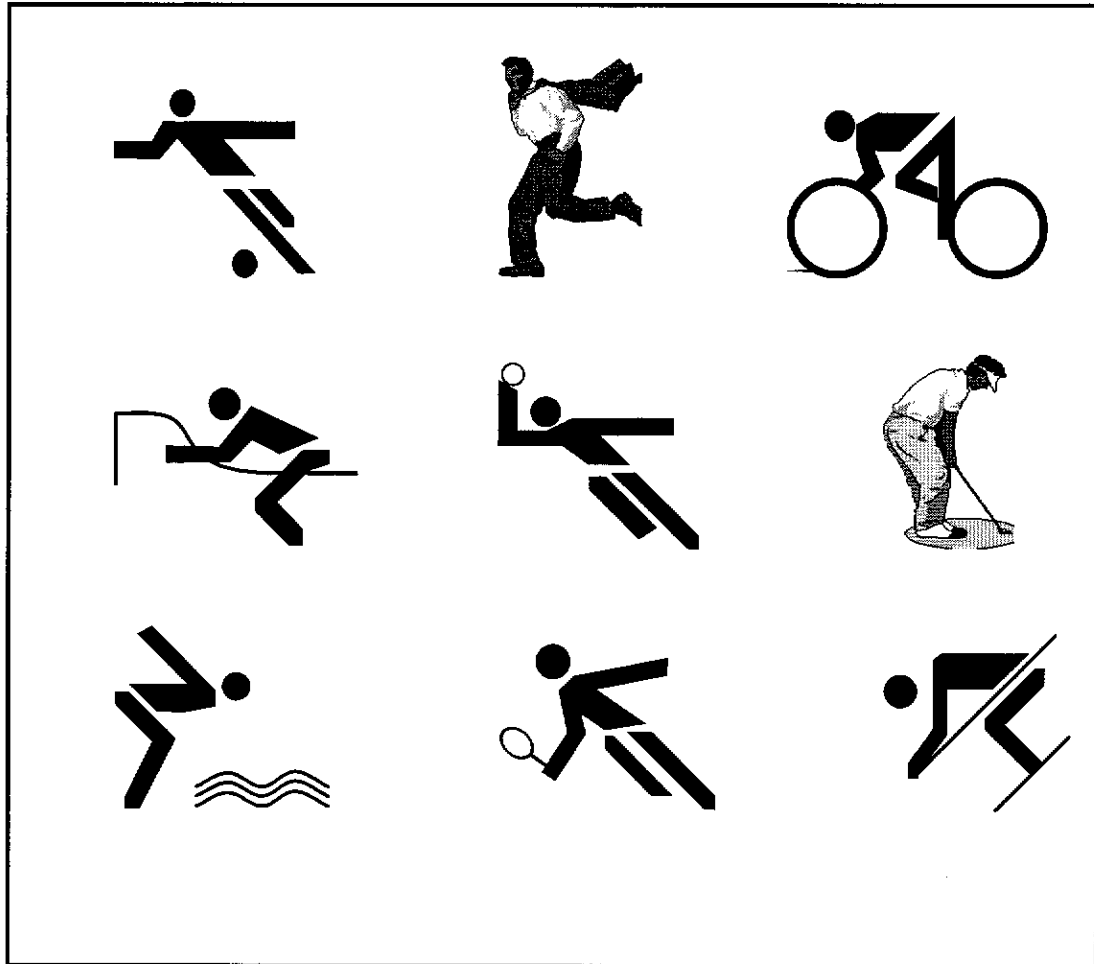


FIGURE 3. Les images des sportifs associés aux différentes bouteilles inclinées.

³⁷ Ultérieurement nous nous sommes rendu compte que ces lignes pourraient constituer un repère pour les sujets et ainsi améliorer leur performance.

III.2. Mémoire spatiale de la localisation d'objets non familiers

Sujets. Les sujets du groupe «visuo-spatial» (37, M:17, F:20), caractérisés ci-dessus, sont soumis à la condition «mémorisation incidente» et ceux du groupe «verbal» (35,

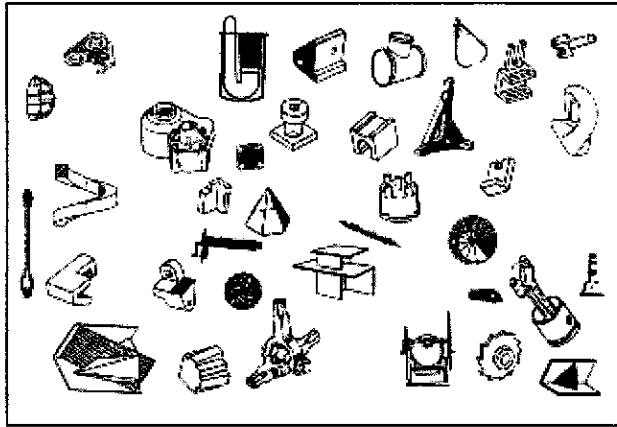


FIGURE 4. Configuration de départ des stimuli.

M:16, F:19), également définis ci-dessus, passent la condition «dénomination».

Stimuli. Les stimuli utilisés ici correspondent exactement aux représentations graphiques des objets non familiers (*uncommon objects*) publiées dans l'étude d'Eals et al. (1994). Les trois figures reprises dans leur article

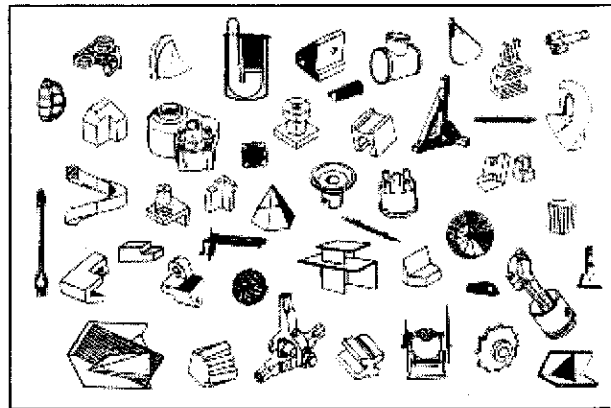
ont été chargées sur ordinateur avec un *scanner* et imprimées en format A4 avec une résolution de 300 dpi. Il s'agit de trois configurations d'objets différentes: la première en contient trente-six (FIGURE 4), la seconde (FIGURE 5) contient les mêmes objets dans les mêmes localisations et onze autres objets non familiers ajoutés, et la troisième (FIGURE 6) contient les mêmes items que la figure d'origine³⁸, mais dans des localisations différentes. Dans l'ensemble, ces objets ressemblent fortement à des pièces mécaniques.

Procédure. Les deux conditions expérimentales partagent la même structure générale. D'abord, les stimuli sont présentés et les sujets doivent réaliser une tâche d'exploration de ces ceux-ci. La FIGURE 4 est présentée aux sujets dans les deux conditions, seule la tâche change.

³⁸ Selon les auteurs les mêmes objets seraient repris, or nous avons constaté qu'il y a un objet qui manque sur la troisième figure alors qu'il faisait partie de la configuration de départ.

Dans la condition «mémorisation incidente», comme dans l'étude d'Eals et al. (1994), les sujets sont priés d'«examiner les objets» pendant une minute, alors que dans la condition «dénomination» les sujets doivent essayer de trouver un nom pour un maximum de ces objets, selon les consignes suivantes: «Sur cette feuille vous voyez des objets fictifs, cependant ils peuvent ressembler à des objets existants. Essayez de dire à quoi ces objets vous font penser». Aucune limite de temps n'est imposée pour réaliser cette tâche de dénomination. Dans aucune de ces deux conditions de présentation des stimuli, les sujets ne sont informés des tâches à

FIGURE 5. Configuration des stimuli avec items ajoutés.



accomplir ultérieurement. Ensuite, tous les sujets réalisent une tâche de mémoire sur l'identité des objets: la FIGURE 5 leur est présentée et ils ont alors une minute pour barrer tous les objets ajoutés. Ils sont avertis que toute réponse incorrecte est pénalisée. Le score attribué à chaque sujet est calculé selon la règle suivante: «One point was given for each item correctly crossed and, to correct for guessing, a deduction of

.31 was made for each item incorrectly crossed, based on the proportion of items added» (EALS ET AL., 1994, p. 97). Ce score représente la mesure de la mémoire de l'identité des objets.

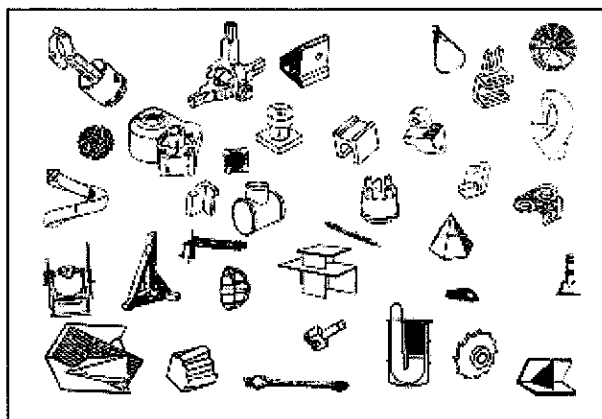


FIGURE 6. Configuration des stimuli avec items déplacés.

Finalement, tous les sujets effectuent une tâche de mémoire sur la localisation des objets: la FIGURE 6 leur est présentée. La

tâche consiste à barrer tous les objets déplacés et encercler tous les objets restés à leur emplacement d'origine. Les sujets sont informés qu'ils disposent d'une minute pour réaliser cette tâche. Le score mesurant la mémoire de la localisation des objets est calculé selon la règle suivante: «A point was scored for each correct response, and, in

the [...] cases of items left blank, a half point was given to compensate for guessing» (EALS ET AL., 1994, p. 97).

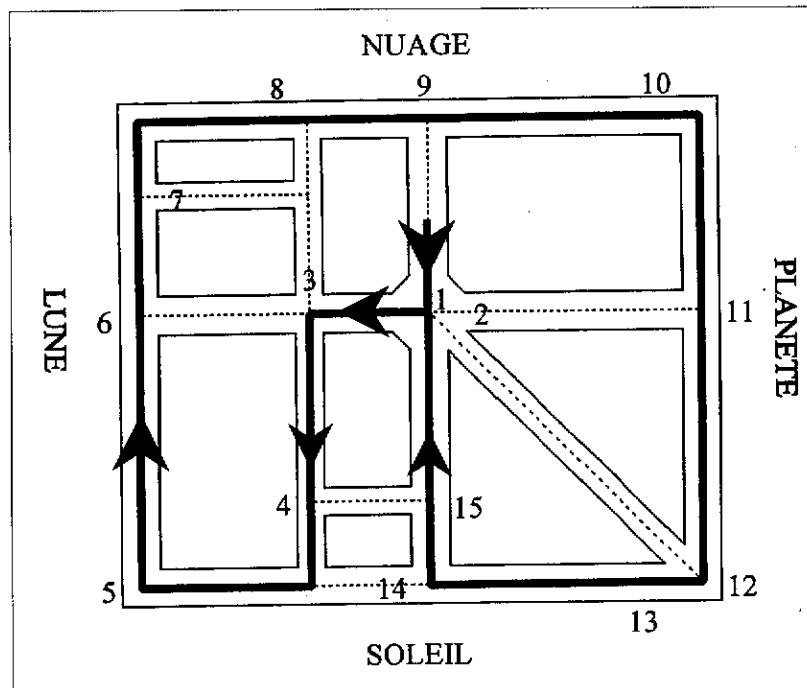
III.3. Navigation dans un espace virtuel en 3D

Sujets. Les sujets du groupe «visuo-spatial» (37, M:17, F:20), caractérisés ci-dessus, sont soumis à la condition «encodage visuo-spatial» et ceux du groupe «verbal» (35, M:16, F:19), également définis ci-dessus, passent la condition «encodage verbal».

Matériel. Le dispositif expérimental utilisé dans le présent travail a été développé par Romain Martin (1997) de l'Université de Nancy 2. Il est constitué «d'un programme de simulation permettant de réaliser des déplacements discrets à l'intérieur d'un environnement virtuel en 3D, simulé par ordinateur de type PC. Cet environnement virtuel consiste en un enclos rectangulaire, à l'intérieur duquel se trouvent des couloirs interconnectés [voir FIGURE 7 pour une vue d'en haut]. Quinze objets facilement identifiables (e.g., étoile, poisson, maison) sont répartis dans cet environnement et servent de points de repère [voir FIGURE 8 et FIGURE 7 pour leurs emplacements]. Dans chaque direction définie par un des côtés du rectangle de l'enclos, se trouve un objet situé à un emplacement fixe dans le ciel et qui peut servir de repère allocentrique (e.g., nuage, soleil)» (MARTIN, 1997, p. 70). Nous avons repris une vue en 3D du labyrinthe à la FIGURE 9.

Procédure. La procédure expérimentale a été modifiée par rapport à celle de Martin (1997, 1998) et comporte deux conditions expérimentales différentes, dont chacune est divisée en trois étapes.

FIGURE 7. Le trajet de la visite guidée et les différents emplacements des pictogrammes symbolisés par des numéros (voir FIGURE 8 pour les items correspondant aux numéros).



Dans la condition «encodage visuo-spatial» les sujets sont encouragés à utiliser une stratégie visuo-spatiale pour encoder la structure de l'espace à explorer (voir ANNEXE 7 pour les consignes exactes).

En effet, lors de la **première étape**, «les sujets réalisent une visite guidée du labyrinthe. «Pour cette visite guidée, le sujet détermine lui-même sa vitesse d'avancement, en appuyant d'une manière répétitive sur la barre d'espacement. [M]ais les vues locales successives qui lui sont présentées sont prédéterminées et sont exactement les mêmes pour tous les sujets. Le chemin selon lequel les sujets vont se déplacer pour cette visite guidée est indiqué par le trait gras de la [FIGURE 7]. Ce parcours est emprunté deux fois de suite. A chaque croisement où le sujet va changer de direction de déplacement, la ligne de regard va d'abord être tournée vers les couloirs qui peuvent être inspectés à partir de la position qui a été atteinte, mais qui ne sont pas empruntés pour le déplacement. De cette façon, le sujet n'aura pas emprunté tous les chemins du labyrinthe à la fin de la visite guidée, mais il aura regardé dans tous les couloirs et cela depuis des points de vue différents. Le fait de

regarder dans tous les couloirs peut lui permettre, au moins théoriquement, la construction d'une représentation mentale complète de l'ensemble du labyrinthe. Remarquons encore que nous avons indiqué que le sujet avance en appuyant d'une manière répétitive sur la barre d'espace. Or, le sujet peut également avancer en appuyant d'une manière continue sur cette barre, auquel cas la fonction d'autoactivation des touches du clavier de l'ordinateur va s'activer, ce qui permet d'avancer quasiment en continu. Néanmoins cet avancement en continu va être arrêté automatiquement à la fin de chaque mouvement correspondant à une direction particulière. A la fin d'un tel mouvement, le sujet sera donc obligé d'appuyer à nouveau sur la barre d'espace, afin de continuer son déplacement» (MARTIN, 1998, p. 528-9). Le sujet est vivement invité à se former une représentation mentale de l'espace visité tel qu'il serait vu en vol d'oiseau, avec l'indication que cette représentation est utile pour réaliser la tâche qui suit la visite guidée.

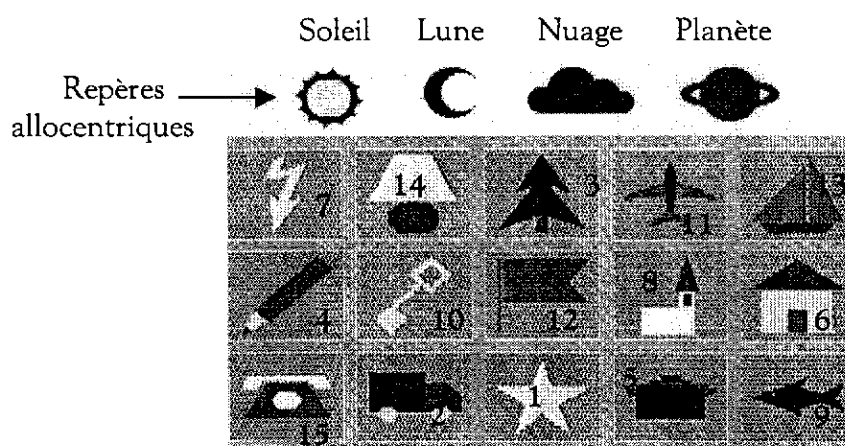


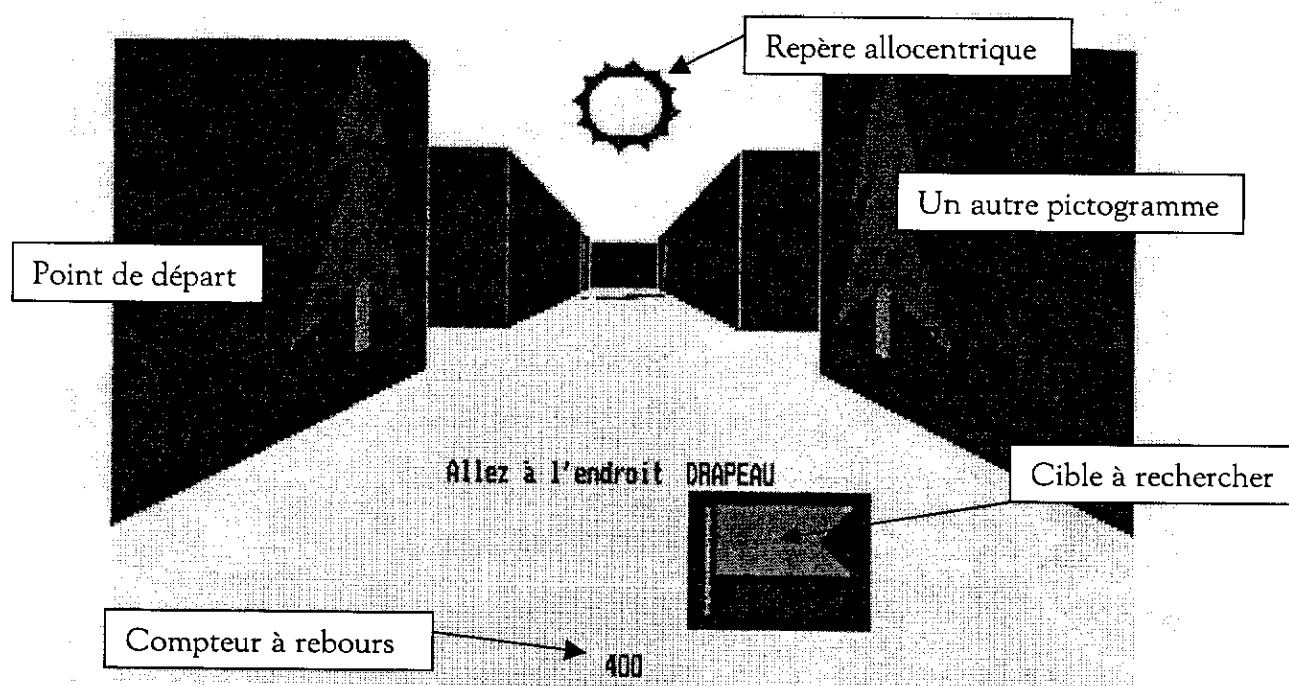
FIGURE 8. Les items placés dans le labyrinthe (les numéros correspondent à leurs emplacements repris à la FIGURE 7) ainsi que les quatre repères allocentriques (soleil, lune, nuage, planète).

En effet, lors de la **deuxième étape**, le sujet réalise 15 déplacements du type «aller d'un endroit A à un endroit B» (voir TABLEAU 2 pour la liste des trajets). «Le sujet est se trouve 15 fois "parachuté" à un endroit différent du labyrinthe et on lui affiche un écran sur lequel on lui demande d'aller à un deuxième endroit qui lui est indiqué sous forme écrite, ainsi que sous forme d'un petit pictogramme. Le sujet peut se déplacer librement et il va utiliser les quatre touches de curseur du clavier de l'ordinateur pour réaliser ses déplacements (avant, arrière, gauche, droite). Afin

d'éviter qu'un sujet continue à se déplacer indéfiniment jusqu'au moment d'arriver à la destination voulue et afin de motiver les sujets, un petit compteur est affiché en bas de l'écran qui va se décrémenter pour chaque mouvement effectué par le sujet (que ce soit un pas en avant, un pas en arrière ou un mouvement de la ligne de regard vers la gauche ou vers la droite). [...] Un déplacement en cours va s'arrêter lorsque le compteur en question sera descendu jusqu'à 0 [et le sujet est invité à réaliser le trajet suivant]» (MARTIN, 1998, p. 539-40).

Afin d'illustrer la situation dans laquelle les sujets font ces déplacements nous avons repris une situation type, où l'ordinateur demande au sujet de gagner l'endroit drapeau à partir du sapin (voir FIGURE 9).

FIGURE 9. Exemple de perspective de l'environnement virtuel.



Lors de la **troisième étape**, le sujet est invité à imaginer qu'un autre sujet doit réaliser la même épreuve que lui, mais sans avoir eu la visite guidée, ainsi qu'à dessiner une carte, la plus précise possible, à main levée de l'environnement qu'il vient d'explorer (voir ANNEXE 9 pour les consignes exactes). Les noms des objets placés dans le labyrinthe sont repris, dans un ordre aléatoire, sur la feuille de réponse et numérotés de un à quinze, afin que tous les sujets se trouvent dans les

mêmes conditions quelle que soit leur mémoire de l'identité des objets. Ils sont encouragés à placer également les quatre points cardinaux autour de l'enclos du labyrinthe. L'exactitude du dessin de la carte constitue une mesure après-coup de la carte mentale que les sujets ont pu élaborer lors de la visite guidée et de l'exploration active du labyrinthe.

Dans la condition «encodage verbal» les sujets sont encouragés à utiliser une stratégie verbale d'encodage de l'espace exploré (voir ANNEXE 8 pour les consignes). En effet, pendant la visite guidée (la **première étape**), identique à celle de la condition «encodage visuo-spatial» décrite ci-dessus, les sujets sont incités à verbaliser à voix haute la structure de l'espace exploré, les emplacements respectifs des objets ainsi que les relations (sémantiques, par exemple) qu'ils découvrent entre ces objets. Ils sont informés que cette stratégie peut constituer une aide mnémotechnique utile pour réaliser la tâche de navigation qui suit la visite guidée.

La **deuxième étape** est strictement identique à celle de la condition visuo-spatiale: les sujets réalisent les mêmes quinze déplacements.

Lors de la **troisième étape**, les sujets sont également invités à imaginer qu'un autre sujet doit réaliser la tâche de la deuxième étape sans avoir connu la visite guidée. Cependant, on leur demande de noter une description verbale la plus précise possible de six trajets entre deux objets (voir ANNEXE 10), trajets qu'ils ont dû réaliser eux-mêmes pendant la deuxième étape. La description de l'ensemble des quinze trajets étant considérée comme une tâche trop fastidieuse pour les sujets, une sélection aléatoire de six trajets est opérée (voir TABLEAU 2 pour la liste des trajets retenus). L'exactitude et la qualité de ces descriptions constituent une mesure après-coup de la représentation verbale que les sujets ont formée à partir de l'espace présenté visuellement.

Départ		Arrivée
Poisson	1	Avion
Foudre	2	Poisson
<i>Sapin</i>	<i>3</i>	<i>Drapeau</i>
Bateau	4	Crayon
<i>Téléphone</i>	<i>5</i>	<i>Maison</i>
Camion	6	Bateau
<i>Sapin</i>	<i>7</i>	<i>Avion</i>
Camion	8	Eglise

Départ		Arrivée
<i>Drapeau</i>	<i>9</i>	<i>Clef</i>
Etoile	10	Lampe
<i>Téléphone</i>	<i>11</i>	<i>Marmite</i>
Poisson	12	Foudre
Marmite	13	Sapin
Crayon	14	Camion
<i>Eglise</i>	<i>15</i>	<i>Téléphone</i>

TABLEAU 2 - Trajets que les sujets doivent accomplir lors de la deuxième étape. Les trajets en italique correspondent aux trajets pour lesquels des descriptions verbales sont demandées lors de la dernière étape.

III.4. Fluences verbales et connaissances géographiques

Sujets. Les épreuves de fluence verbale sont passées par 54 sujets de langue maternelle française (M:26, F:28), un sujet masculin n'étant pas retenu pour cause d'une trop grande familiarité avec la tâche. Les sujets de langue maternelle luxembourgeoise (13, M:4, F:9) ne sont retenus que pour passer les tâches de fluence verbale en rapport avec les noms de pays et leurs localisations. Les autres sujets (4, M:2, F:2) de langues maternelles différentes (espagnole, néerlandaise, macédonienne, grecque) ne participent pas à cette dernière partie de l'étude.

Procédure. Les épreuves de fluence verbale consistent à produire oralement le plus de mots possible en fonction d'un certain critère. Dans la présente étude les critères suivants ont été utilisés: appartenance à des catégories sémantiques (animaux, fruits, pays), partage du phonème initial, et organisation spatiale (géographique). Sont considérées comme réponses incorrectes les répétitions de mots déjà utilisés, les mots qui ne correspondent pas au critère et ceux qui ne respectent pas les contraintes supplémentaires énoncées. L'expérimentateur compte et note le nombre de réponses correctes par épreuve. Les 54 sujets francophones retenus ici réalisent la même séquence de six tâches de fluence verbale.

Ils passent d'abord deux tâches classiques de fluence verbale avec induction sémantique: sur les noms d'animaux et les noms de fruits. Ils reçoivent consécutivement les consignes suivantes: «Vous avez 2 minutes pour me donner le plus de noms d'animaux différents possible. Il peut s'agir d'animaux domestiques, sauvages, de mammifères, d'oiseaux, tout ce que vous voulez. Il y a cependant une

contrainte: vous ne pouvez me dire qu'un seul membre d'une espèce, par exemple, si vous me dites le mâle il ne faut pas dire la femelle ni le petit, ou l'inverse», ainsi que «Vous avez maintenant 2 minutes pour me donner le plus de noms de fruits différents possible. Il peut s'agir de fruits exotiques ou non, tout ce que vous voulez».

Ensuite, ils réalisent une tâche de fluence verbale sur les noms de pays: «Vous avez maintenant 2 minutes pour me donner le plus de noms de pays différents possible. Il peut s'agir de n'importe quel pays du monde». Le nombre de pays du continent américain cité est noté séparément de celui d'autres pays, sans que le sujet en soit informé.

Puis, deux tâches de fluence verbale avec induction phonémique (mots qui commencent par P et par R) leur sont proposées: «Essayez de me donner un maximum de mots qui commencent par une même lettre. Il ne peut cependant pas s'agir de noms propres (comme les noms de personnes, de villes, etc.). Par exemple, avec la lettre M, vous ne pouvez me dire Marcel ni Marseille. De plus, vous ne devez me donner qu'un seul mot d'une catégorie, les mots dérivés d'un autre mot que vous avez déjà dit ne comptent donc pas. Si, par exemple, vous me dites maison, il ne faut pas dire maisonnette. Nous allons prendre la lettre P, à vous.», et «Maintenant on va faire la même chose avec la lettre R... à vous..».

Finalement une tâche de fluence verbale avec organisation géospatiale de la réponse exige des sujets de produire la plus longue série de noms de pays du continent américain selon un critère spatial: «Imaginez une carte de la Terre sur laquelle vous vous concentrez sur le continent américain. Essayez de parcourir mentalement cette carte de haut en bas tout en allant de gauche à droite, donc comme si vous lisiez un texte. Vous avez 2 minutes pour donner le plus de noms de pays possibles, tout en respectant l'organisation géographique du continent - donc de haut en bas et de gauche à droite». Le continent américain a été choisi pour cette épreuve à cause de ses frontières mieux définies que celles des autres continents. L'Alaska, même s'il fait politiquement partie des Etats-Unis, est accepté

comme réponse valide. Les réponses du sujet sont marquées et numérotées sur une carte du continent américain, qu'il ne voit évidemment pas. Le sujet peut recommencer une nouvelle série s'il le désire et l'annonce clairement. Deux scores sont attribués à chaque sujet: le premier correspond au plus grand nombre de noms de pays produits qui respectent l'organisation spatiale exigée, et le deuxième correspond au nombre total de noms de pays différents du continent américain rapportés. Les sujets luxembourgeois (13, M:4, F:9) sont soumis à une sélection de ces épreuves dans l'ordre suivant: ils réalisent d'abord la fluence verbale sur les noms de pays, ensuite, pour détourner leur attention du matériel géographique, on leur demande d'effectuer la tâche de fluence verbale avec induction phonémique sur la lettre P (les résultats de cette épreuve ne sont pas considérés lors du dépouillement); pour terminer ils accomplissent la tâche de fluence verbale avec organisation géospatiale, donc sur les pays du continent américain. Nous considérons que la langue maternelle particulière dans laquelle les sujets répondent n'est pas déterminante pour effectuer ces deux tâches de fluence verbale, alors qu'elle a une influence majeure sur la variabilité de la performance dans les autres tâches de fluence verbale utilisée ici.

Résultats et discussions

Nous avons réalisé des analyses de la variance multivariée (MANOVA) pour les variables de chacun des groupes d'épreuves administrées aux mêmes sujets. Les épreuves visuo-spatiales de la première phase (Horizontalité du niveau d'eau, Mémoire visuelle des objets et Mémoire spatiale des objets, Exploration du Labyrinthe en 3D) ont été passées par tous les sujets des deux groupes expérimentaux «*verbal*» et «*visuo-spatial*». Les épreuves de fluences verbales phonologiques et sémantiques ont été exécutées par les sujets francophones natifs et aucune distinction de groupe expérimental ne s'y applique. Finalement, les épreuves de connaissances géographiques ont été effectuées par les sujets francophones et les sujets luxembourgeois. Nous avons effectué trois ensembles d'analyse de la variance différents. Les résultats obtenus pour chacune des épreuves sont discutés séparément. Une discussion générale de l'ensemble des résultats suit leur présentation et discussion individuelles.

1. Le test d'horizontalité du niveau d'eau

Les résultats du test d'horizontalité du niveau d'eau sont repris dans le en fonction de la condition expérimentale (classique vs. modifiée) et du sexe des sujets.

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Classique	6.18	3.17	4.60	3.10
Modifiée	4.44	3.44	1.79	3.24

TABLEAU 3. Nombre moyen de réponses correctes par condition expérimentale en fonction du sexe.

Nous avons attribué à chaque sujet un score qui correspond au nombre de réponses correctes produites (le maximum étant 9). Toute ligne déviant de plus de 5° par rapport à l'horizontale est considérée comme incorrecte (ROBERT, 1990). Ces scores ont été retenus pour l'analyse de la variance multivariée (MANOVA).

Dans l'analyse de la variance, l'effet du contexte (conservation du volume *vs.* estimation du volume) était significatif, $F(1, 68) = 8.85$, $p = .004$, confirmant notre hypothèse selon laquelle les consignes modifiées devraient distraire les sujets de la vraie tâche à accomplir, c'est-à-dire tracer une ligne horizontale. L'effet du sexe était également significatif, $F(1, 68) = 7.63$, $p = .007$, confirmant l'avantage masculin dans la maîtrise de l'horizontalité gravitationnelle mesurée par le test des bouteilles. Notons cependant que la différence entre les sexes dans la condition classique n'était pas significative, mesuré par un test-t de Student pour échantillons indépendants appliqué aux valeurs obtenues dans cette condition, $t(1, 34) = 1.34$, $p = .161$. La différence de sexe dans la condition modifiée, évaluée par un test-t pour échantillons indépendants, est quant à elle significative, $t(1, 33) = 2.34$, $p = .025$. Ces résultats suggèrent que l'avantage masculin n'existe que dans la condition modifiée.

Cependant, l'interaction entre le contexte et le sexe n'était pas significative, $F(1, 68) = .49$, $p > .10$, indiquant que ni les sujets masculins ni les sujets féminins n'étaient plus distraits par les informations non pertinentes suggérées par les consignes modifiées que les individus de l'autre sexe.

Nous avons donc répliqué l'avantage masculin dans des conditions susceptibles de distraire les sujets de la réponse pertinente, puisque cette condition mène à un taux de réussite général moins élevé que la condition classique de conservation du volume. Plus d'hommes que de femmes appliquent le principe d'horizontalité alors que le contexte ne les y encourage pas. L'avantage masculin peut donc être amplifié (ou induit chez les hommes) dans des conditions défavorables à la performance. Ceci confirme partiellement l'hypothèse selon laquelle les femmes prennent en compte des indices non pertinents du contexte de la tâche.

II. La mémoire spatiale d'objets non familiers

Les résultats des hommes et des femmes à l'épreuve de mémoire spatiale sont présentés au TABLEAU 4 respectivement pour la condition de mémorisation incidente et pour la condition de dénomination. L'analyse de la variance révèle un effet significatif de la condition expérimentale (mémorisation incidente *vs.* dénomination) pour la mesure de la mémoire de la localisation des objets, $F(68,1) =$

63.21, $p < .001$, et pour la mesure de la mémoire de l'identité des objets, $F(68, 1) = 133.48$, $p < .001$. La performance de mémoire des objets et de la localisation est meilleure dans la condition «dénomination» que dans la condition «mémorisation incidente». La manipulation expérimentale qui consiste à demander aux sujets de dénommer les objets non familiers est donc pertinente, elle augmente sensiblement la performance des sujets. Notons que cet effet peut également s'expliquer par le fait les sujets, dans cette condition, voient les objets pendant une durée plus longue que dans la condition de mémorisation incidente.

TABLEAU 4. Scores moyens de mémoire des objets et de mémoire spatiale pour objets non familiers en fonction du sexe et de la condition de mémorisation.

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
<i>Mémoire des objets</i>				
Mémorisation Incidente	3.94	2.20	3.49	2.38
Dénomination	9.09	1.39	9.05	1.62
F tests:	Sexe	.29	NS	
	Condition	133.48	$p < .001$	
	Interaction	.19	NS	
<i>Mémoire des localisations</i>				
Mémorisation Incidente	34.29	5.43	29.45	3.44
Dénomination	40.97	5.66	40.61	4.41
F tests:	Sexe	5.39	$p = .023$	
	Condition	63.21	$p < .001$	
	Interaction	3.99	$p = .05$	

Effectifs: voir Méthode.

L'ANOVA met en évidence un effet significatif du sexe pour la mesure de la mémoire spatiale, $F(68,1) = 5.39$, $p = .023$, alors que les hommes et les femmes ne diffèrent pas significativement à l'égard de la mesure de la mémoire des objets, $F(68,1) = .29$, $p = .592$. Cependant les hommes dépassent les femmes pour la mémoire spatiale, à l'encontre de nos hypothèses. L'interaction entre le sexe et la condition expérimentale s'avère également significative, $F(68,1) = 3.99$, $p = .05$. Des tests-t pour échantillons indépendants, effectués séparément sur les valeurs de

mémoire spatiale dans les deux conditions expérimentales, indiquent un effet significatif du sexe seulement dans la condition «mémorisation incidente», $t(1, 26.22) = 3.18$, $p = .004$, alors que dans la condition «dénomination» aucune différence n'existe entre les performances des femmes et des hommes, $t(1, 33) = .21$, $p = .832$. Il y a donc avantage masculin dans la condition classique, alors que cet avantage semble annulé dans la condition «dénomination». L'avantage masculin dans la condition «mémorisation incidente» est en opposition avec les résultats obtenus par Eals et al. (1994) avec le même matériel et contraire à nos hypothèses. L'absence de différence entre les sexes dans la condition «dénomination» pour la mémoire spatiale peut être mis en relation avec l'absence de différence de sexe dans la condition de mémorisation dirigée (Eals et al, 1994) obtenus avec ces mêmes objets non familiers. Faire dénommer les objets, comme indiquer aux sujets de mémoriser leurs localisations, égalise les performances des hommes et des femmes.

Nous ne disposons d'aucune explication de cette inversion de l'effet de la variable sexe sur la mémoire spatiale.

La seule différence évidente, mise à part la différence de participants, entre les conditions expérimentales de Eals et al. et les nôtres, est le mode de passation de l'épreuve: nos sujets sont testés individuellement, alors que chez eux la passation se faisait en groupe. Il se pourrait que cette divergence soit responsable de l'inversion de la différence sexuelle dans la mémoire spatiale. Il est donc possible que la situation de *testing* individuel serait particulièrement stressante pour les femmes, alors qu'elle augmente la motivation chez les hommes (voir GEARY, 1996). Silverman (communication personnelle) a commenté nos résultats en soulignant le fait que les scores de nos sujets sont nettement inférieurs, en général, à ceux qu'il avait observés dans son étude (EALS ET AL., 1994). Ceci suggère du moins que des facteurs de motivation puissent expliquer nos résultats.

D'un autre côté, nous avons exprimé une certaine méfiance par rapport au matériel utilisé en raison de la forte ressemblance avec des pièces mécaniques. En effet, nous observons dans la condition «dénomination» que les hommes dénomment significativement plus d'objets que les femmes, $F(1, 33) = 6.43$, $p = .016$. Les hommes semblent donc plus familiers avec ces objets que les femmes. Il n'y a aucune raison de croire que ce constat ne vaut pas pour les sujets de la

condition «mémorisation incidente». Nous suggérons donc que les femmes de notre échantillon avaient plus de difficultés à utiliser leurs capacités verbales pour mémoriser les objets et leurs localisations à cause de la nature du matériel. Nous avons, par ailleurs, pu montrer une corrélation positive entre le nombre d'items dénommés et le score de mémoire des objets ($r = .43$, $N=35$, $p = .01$), mais aucune corrélation significative entre le nombre d'items dénommés et le score de mémoire spatiale ($r = .26$, $N=35$, $p = .13$). Il est donc possible que le fait de savoir dénommer les objets ne contribue pas à la performance de mémoire spatiale, alors qu'elle permettrait de mieux se rappeler des objets. Il nous reste à mentionner que nous n'avons aucune explication claire pour ce revirement des résultats. Silverman nous a, par ailleurs, informé (communication personnelle) que l'avantage féminin pour les objets non familiers n'a pas encore été répliqué à sa connaissance. Nous pouvons alors supposer que l'avantage féminin dans la mémoire spatiale pourrait dépendre de la nature des objets (e.g., degré de familiarité) et/ou de la perception de leur nature par les sujets.

III. Les capacités de navigation

En ce qui concerne l'épreuve de navigation dans le labyrinthe nous avons retenu certains paramètres de performance dont nous savons qu'ils sont des indicateurs pertinents de la précision de navigation (MARTIN, 1998). Les variables indépendantes sont le sexe et la condition expérimentale.

Nous avons également analysé les paramètres impliqués dans les reproductions verbales et picturales du labyrinthe exploré. La variable indépendante est le sexe, étant donné que des représentations distinctes et non comparables du labyrinthe étaient exigées dans les deux conditions expérimentales.

Finalement, nous avons mis en relation les mesures de performance et les mesures de représentation, afin de raffiner l'analyse des différences de sexe en termes de stratégie et d'informations utilisées (*inputs* pertinents) pour effectuer la tâche.

III.1. Mesures de la performance

Nous avons chaque fois retenu des valeurs composites (somme des valeurs obtenues sur les 15 déplacements), étant donné que les coefficients de fidélité (alpha de Cronbach) de ces différentes variables étaient élevés (entre .66 et .79).

III.1.1. Variables dépendantes

le nombre total de trajets réussis par sujet ($\alpha = .66$); il s'agit d'une indication peu différenciée de la performance au labyrinthe.

le nombre total de pas effectués en ligne droite, indiquant la longueur totale des trajets effectués ($\alpha = .79$);

le nombre total de changements de direction, indiquant le nombre de fois que le sujet fait une rotation de 180° avant de continuer son trajet ($\alpha = .66$);

A cette liste, nous avons ajouté un indicateur mesurant directement le succès de navigation, sans tenir compte d'autres facteurs:

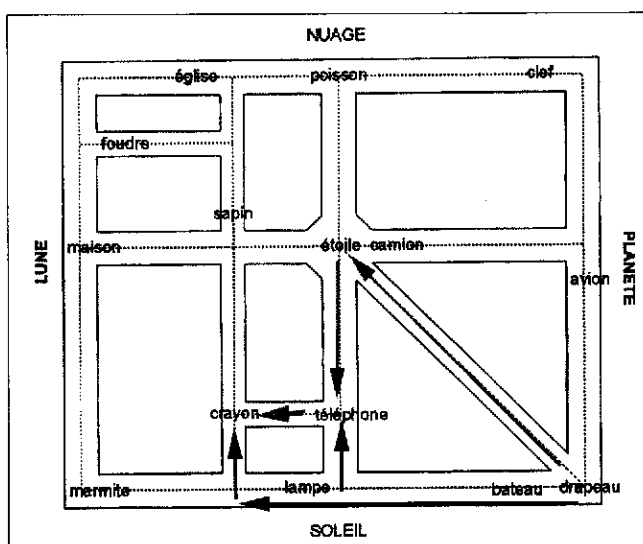
le taux moyen de trajets directs par rapport au nombre total de trajets réussi, indiquant la précision de la planification du trajet.

Nous avons compté le nombre de fois que la cible était atteinte en empruntant le chemin le plus court possible. Nous avons, à cette fin, considéré la distance métrique entre le point de départ et la cible. Ainsi pour certains déplacements demandés deux ou trois chemins se révélaient l'un aussi direct que l'autre. Nous avons alors classé tous ces trajets comme des trajets directs. En reprenant la carte du labyrinthe (voir FIGURE 10), nous voyons que, si l'on doit se déplacer, par exemple, du drapeau (coin inférieur droit) vers le crayon, deux chemins directs sont possibles. Le sujet peut aller le long du couloir inférieur, et soit passer la lampe pour finalement prendre le deuxième couloir à droite, soit prendre le premier couloir à droite, aller au téléphone, y tourner à gauche et terminer au crayon. Ces deux chemins ne se distinguent pas au niveau de la longueur du chemin en termes euclidiens. Nous les avons donc considérés comme équivalents. Par contre, le sujet effectue un parcours indirect, s'il prend le chemin suivant: à partir du bateau il prend le couloir diagonal pour arriver à la place centrale (étoile) et tourne à gauche,

prend ensuite le couloir avec le téléphone, pour tourner à droite à l'emplacement du téléphone et aboutir finalement au crayon (le chemin tracé par les flèches grises).

FIGURE 10. Distinction entre trajets directs (flèches noires) et trajets indirects (flèches grises).

Nous pensons que cette mesure de la performance indique directement la qualité de la représentation mentale que le sujet a développée du labyrinthe et donc aussi du processus de traitement utilisé (métrique vs. catégoriel). Nous supposons que «prendre le chemin le plus court» reflète que l'on possède une



représentation métrique, alors que prendre des chemins indirects correspond plutôt à l'utilisation d'une représentation catégorielle (e.g., à partir de tel objet je vais à un tel autre pour tourner à droite et continuer jusqu'à...). La cotation des trajets empruntés comme directs ou indirects a été effectuée conjointement par deux correcteurs.

III.1.2. Analyse des résultats

L'ensemble de ces variables a été soumis à une analyse de variance multivariée (MANOVA) introduisant comme facteur de variation le «sexe» et la «condition expérimentale». Les résultats sont représentés dans les quatre TABLEAUX repris ci-dessous (TABLEAU 5, TABLEAU 6, TABLEAU 7, TABLEAU 8) en fonction chaque fois du sexe et de la condition expérimentale. Nous n'avons trouvé de différences significatives entre les conditions expérimentales pour aucune des variables analysées, ni d'interactions significatives entre le «sexe» et la «condition expérimentale» (même si certains des résultats suggèrent une meilleure performance dans la condition d'encodage verbal). Nous ne reprenons donc que les traitements statistiques de l'effet du «sexe» pour les variables en question. La MANOVA

effectuée sur les 4 variables dépendantes, avec le «sexe» et la «condition expérimentale» entrés comme facteurs de variation, révèle un effet du sexe non-significatif pour le nombre total de cibles atteintes, $F(1, 68) = 1.68, p = .199$. Toutes les autres variables mènent à des différences de sexe significatives. Les trajets parcourus par les femmes sont plus longs, $F(1, 68) = 6.65, p = .012$. Elles effectuent également plus de changements de direction, $F(1, 68) = 4.98, p = .029$. Les hommes atteignent plus souvent la cible par des chemins directs, $F(68, 1) = 15.41, p < .001$. L'ensemble de ces résultats indique clairement que le comportement exploratoire des hommes est en moyenne plus efficace, moins hésitant que celui des femmes. Cependant, nous n'observons aucune différence de sexe en ce qui concerne la simple atteinte des cibles. Il paraît donc que les hommes ont un meilleur accès aux représentations métriques précises que les femmes. Cela permet aux hommes d'emprunter plus souvent des raccourcis que ne le font les femmes. Ces résultats seront à mettre en relation avec les descriptions verbales et les dessins de cartes afin d'explorer la possibilité que les performances des hommes et des femmes dépendent éventuellement de facteurs stratégiques différents.

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Visuo-spatiale	13.18	1.94	11.90	2.53
Verbale	13.00	1.93	12.95	2.12

TABLEAU 5. Nombre total de cibles atteintes en moins de 400 mouvements chacune.

TABLEAU 6. Nombre total de pas en ligne droite (longueur des trajets).

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Visuo-spatiale	2519	406	2994	624
Verbale	2467	447	2662	628

TABEAU 7. Nombre total de changements de direction (rotation de 180°).

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Visuo-spatiale	36.76	3.90	41.90	8.12
Verbale	36.63	4.87	38.37	7.59

Condition	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Visuo-spatiale	46.25	17.93	31.61	16.26
Verbale	55.75	23.10	33.07	22.70

TABEAU 8. Pourcentage moyen de trajets directs par rapport aux trajets réussis.

Les résultats obtenus à l'épreuve de navigation confirment donc l'avantage masculin dans les capacités de navigation. Cependant, nous observons également que la manipulation expérimentale de demander aux sujets de décrire le labyrinthe le mieux possible lors de la visite guidée ne mène à aucune variation des résultats ni des hommes ni des femmes. Il semble que la verbalisation, telle que nous l'avons demandée, ne constitue pas une aide significative aux femmes, comme nous l'avions attendu. Une telle tendance existe dans nos données, mais elle n'est pas significative et existe également pour les hommes. En ce qui concerne les conditions standardisées du labyrinthe utilisé dans le présent travail, nous ne pouvons ni affirmer que la verbalisation des espaces explorés constitue une stratégie supplémentaire efficace, ni qu'il s'agit d'une stratégie «féminine». Cependant l'absence de résultats significatifs peut être due au fait que nos consignes n'étaient pas assez contraignantes et que beaucoup de sujets n'étaient pas très motivés à utiliser l'encodage verbal pour mémoriser le labyrinthe. D'un autre côté, il se peut que les femmes de la condition «visuo-spatiale» utilisaient également des encodages verbaux de l'espace exploré, ce que nous ne pouvions pas empêcher. Il aurait été utile d'avoir utilisé un questionnaire d'investigation des stratégies de résolution des

problèmes spatiaux (e.g., MARTIN, 1998). Cependant, nous croyons qu'il faut chercher des indices indirects de l'intervention de stratégies spatiales différentes par d'autres moyens que par l'introspection des sujets. Il s'avère donc nécessaire de réfléchir sur d'autres manipulations expérimentales susceptibles de déceler l'influence de processus verbaux dans la navigation spatiale. Nous pensons notamment qu'il pourrait être intéressant de demander à des sujets, masculins et féminins, de choisir entre deux types d'aides mnémotechniques lors de la visite guidée du labyrinthe: soit dessiner une carte, soit noter des instructions. Nous pourrions alors non seulement vérifier si les hommes par rapport aux femmes, ont une plus grande tendance à opter pour l'un des deux types d'encodage, mais aussi contrôler si la qualité de ces productions est en relation avec le succès lors de l'exploration de l'espace (retrouver les items). Une telle relation est partiellement suggérée par les résultats de Martin (1998) en ce qui concerne la qualité des cartes dessinées à main levée. Mais la question reste ouverte à l'égard des descriptions verbales. D'un autre côté, on pourrait augmenter le nombre de points de repère (pictogrammes) dans le labyrinthe, afin de voir si les performances des femmes sont significativement influencé par leur présence, ce que l'on pourrait supposer en accord avec ce que Galea et al. (1993) et Silverman et al. (1992) suggèrent.

III.2. Mesures des représentations mentales

En ce qui concerne les reproductions du labyrinthe fournies par les sujets, nous n'en retiendrons que quelques paramètres importants, notamment en rapport avec les points de repère (pictogrammes et repères allocentriques).

III.2.1. Reproduction graphique du labyrinthe

Pour les cartes dessinées par les sujets du groupe «visuo-spatial», nous avons compté le nombre total de pictogrammes correctement placés dans le labyrinthe pour chaque sujet. Les résultats de cette analyse sont repris dans le TABLEAU 9. Nous avons utilisé le critère suivant pour décider si les pictogrammes étaient correctement placés: l'emplacement du pictogramme était considéré bon ou mauvais en fonction de sa position relative à l'«étoile centrale» et le «poisson», ces deux items pouvant servir de repères fiables chez tous les sujets.

	Hommes	Femmes
Moyenne	7.12	5.35
Écart-type	4.04	4.91

TABLEAU 9. Nombre de pictogrammes correctement placés sur les cartes

Les hommes ont tendance à placer plus de pictogrammes correctement que les femmes. L'analyse de la variance ne mène cependant pas à un effet significatif du sexe, $F(1,35) = 1.395$, $p = .246$.

Nous avons alors calculé, séparément pour les femmes et les hommes, des coefficients de corrélation de Pearson entre le nombre de pictogrammes correctement placés et la variable PCDIRECT, donc le pourcentage de trajets directs réalisés. Il se trouve que cette corrélation positive n'est significative que pour les valeurs des femmes ($r = .48$, avec $N=20$, $p = .034$; pour les hommes: $r = .33$, $N=17$, $p = .194$). Ceci suggère que la mémoire spatiale des points de repère pourrait être un prédicteur relativement efficace de la performance de navigation pour les femmes, mais moins efficace pour les hommes. Ce résultat est conforme aux prédictions que nous avons formulées à partir des résultats de l'étude Galea et al. (1993), suggérant une intervention de la mémoire spatiale dans la performance des femmes.

III.2.2. Descriptions verbales

En ce qui concerne les descriptions verbales des six trajets, nous avons relevé, séparément pour les hommes et les femmes, (1) le pourcentage de descriptions qui correspondent à des parcours corrects («atteignant la cible»), (2) le pourcentage de descriptions de trajets directs sur le total de trajets corrects, (3) le nombre total de pictogrammes utilisés, (4) la fréquence des références faites aux points cardinaux, (5) la fréquence des instructions décrivant un parcours par l'étoile centrale³⁹. Aucune

³⁹ Se référer à l'étoile centrale pour décrire les trajets s'avère une stratégie potentiellement efficace, mais conduisant très souvent à des descriptions de trajets indirects. Il s'agit d'un type d'instruction qui reflète particulièrement bien la pauvreté de la représentation spatiale, ou de l'accès à une verbalisation des relations spatiales.

de ces variables ne mène à une différence de sexe significative si on les évalue par une MANOVA avec «sexe» comme facteur de variation.

Les résultats de ces différents dépouillements sont repris dans le TABLEAU 10 en fonction du sexe.

TABLEAU 10. Dépouillement des descriptions verbales en fonction du sexe.

	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Pourcentage de Descriptions correctes	50.63	37.66	63.68	36.65
Pourcentage de Descriptions directes	47.40	40.33	36.93	35.33
Nombre total de pictogrammes utilisés	10.81	8.16	11.63	5.99
Nombre de descriptions avec référence aux repères allocentriques	1.69	2.60	2.42	2.27
Nombre de descriptions avec référence à l'étoile centrale	2.94	1.57	2.37	1.83

Les femmes ont plus que les hommes tendance à donner des descriptions correctes, $F(1, 33) = 1.08$, $p = .307$, parmi lesquelles les descriptions correspondant à des trajets indirects (cf. définition ci-dessus) sont cependant aussi plus fréquentes, $F(1, 33) = .67$, $p = .419$. Par rapport aux hommes, elles semblent aussi utiliser plus de points de repère (pictogrammes) dans leurs descriptions, $F(1, 33) = 1.08$, $p = .307$. Étonnamment, elles rapportent également plus de repères allocentriques dans leurs descriptions que les hommes, $F(1, 33) = .79$, $p = .379$, et ceux-ci font plus que les femmes références à l'étoile centrale, $F(1, 33) = .95$, $p = .336$. L'absence d'avantage masculin dans le nombre de repères allocentriques (points cardinaux), correspondant à une stratégie dite d'«orientation» nous étonne, malgré la non-signification de l'avantage féminin pour cette variable. On aurait pu s'attendre à ce que les hommes fassent plus que les femmes référence à ce type d'instructions, de même qu'ils auraient dû décrire moins souvent que les femmes des itinéraires impliquant l'étoile centrale. Cependant certains trajets directs se font par l'étoile centre.

Nous avons alors essayé de mettre en relation ces paramètres descriptifs avec les performances réelles lors de la navigation dans le labyrinthe. La variable PCDIRECT nous semblait de nouveau être la mesure la plus adéquate de cette performance. Nous avons, comme précédemment pour les cartes dessinées, calculé séparément pour les deux sexes des corrélations entre PCDIRECT et les variables extraites des descriptions. Pour les femmes uniquement il y avait des corrélations positives et significatives entre le succès de navigation (PCDIRECT) et les variables suivantes: (a) le pourcentage de descriptions «correctes» ($r = .50$, $N=19$, $p = .031$), (b) le pourcentage de descriptions «directes» ($r = .51$, $N=19$, $p = .025$) et (c) le nombre de pictogrammes rappelés lors des descriptions ($r = .53$, $N=19$, $p = .019$). Pour les sujets masculins seule la corrélation entre PCDIRECT et le pourcentage de descriptions correctes était significative ($r = .68$, $N=16$, $p = .004$). Ces résultats suggèrent dans l'ensemble que le succès des femmes à réaliser des trajets directs dans le labyrinthe n'est pas plus que celui des hommes en relation avec leurs capacités à se rappeler verbalement les trajets réalisés (directs et indirects), mais bien avec celle de se rappeler des points de référence (pictogrammes). Le sens de causalité entre ces deux types de composantes (comportement exploratoire et descriptions verbales disponibles) reste cependant inconnu. Il se peut que les femmes se rappellent mieux des caractéristiques (e.g., pictogrammes, chemin à prendre) des trajets qu'elles ont «réussis». D'un autre côté, il est aussi possible qu'elles réussissent mieux les trajets pour lesquels elles peuvent utiliser des descriptions verbales (par exemple, les trajets en général plus faciles). Il semble néanmoins qu'il existe une certaine relation entre les performances d'exploration des femmes et de leurs compétences linguistiques. L'intervention de processus verbaux, mais également de processus spatiaux de type «catégoriel» semble expliquer que les femmes ont un taux de réussite générale similaire à celui des hommes. Il n'y a pas de différence significative entre le nombre de cibles trouvées par les femmes et le nombre de cibles trouvées par les hommes. Nos résultats suggèrent qu'elles utilisent des stratégies ou des processus différents de ceux des hommes. Nous ne pouvons pas pour autant dire qu'elles font défaut des processus métriques de traitement de l'information spatiale.

Les résultats du présent travail confirment l'existence d'un avantage masculin dans les capacités de navigation (PCDIRECT), dont l'ordre de grandeur (*effect size*)

calculé sur les valeurs des deux conditions expérimentales confondues, est d'ailleurs important, $d = .84$ (cf. HALPERN, 1992). Il s'agit donc d'une différence non-négligeable qui est comparable à d'autres avantages masculins dans les capacités visuo-spatiales complexes. L'épreuve du labyrinthe s'est avérée comme un test fiable du comportement exploratoire et facile à administrer. Il serait notamment intéressant d'étudier les relations entre les différentes variables de la performance de navigation et d'autres compétences de «chasseur», comme la précision avec laquelle on lance une balle ou le sens de l'orientation mesuré en milieu réel. D'un autre côté, cette épreuve pourrait constituer un instrument plus écologique pour valider l'influence des différents facteurs proximaux (e.g., variations hormonales saisonnières) sur les habiletés visuo-spatiales complexes.

IV. Les fluences verbales

Les résultats des épreuves de fluences verbales sont présentés au TABLEAU 11. Nous avons réalisé une analyse de la variance multivariée avec «sexe» comme facteur de variation sur les quatre mesures de fluence verbale, à savoir le nombre de noms d'animaux, le nombre de noms de fruits, le nombre de mots commençant par P, le nombre de mots commençant par R. La MANOVA met en évidence un effet significatif du sexe pour le nombre d'animaux, alors que les autres variables ne mènent à aucun effet significatif. Les hommes produisent en moyenne cinq noms d'animaux de plus que les femmes, $F(1, 52) = 4.62, p = .036$.

	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Animaux*	38.12	7.56	33.61	7.82
Fruits	21.85	4.41	22.11	6.25
P	26.58	7.14	25.54	4.93
R	21.65	7.05	22.39	7.48

TABLEAU 11 . Résultats des épreuves de fluences verbales en fonction du sexe.

* $p < .05$

L'avantage masculin dans la tâche de fluence verbale sur les noms d'animaux est contraire à notre hypothèse d'un avantage féminin dans les tâches à contenu verbal et exigeant une production verbale rapide (cf. HALPERN, 1992). Il se pourrait que les hommes de notre échantillon soient particulièrement performants en matière de fluence verbale. Ces résultats sont, malheureusement, peu conclusifs. Il se pourrait que d'autres facteurs aient contribué à l'annulation de l'avantage féminin. Une position moins prudente, mais théoriquement possible, est de supposer que le test des fluences verbales dans la forme présente n'est pas une épreuve adéquate pour mesurer l'avantage féminin dans la vitesse de production de la parole. D'autres facteurs de connaissances pourraient intervenir. Il se peut notamment, que pour des raisons inconnues, les hommes de notre échantillon connaissaient simplement plus d'animaux que les femmes.

V. Les connaissances géographiques

Les résultats obtenus à l'épreuve de fluence verbale sur les noms de pays et ceux de l'épreuve d'organisation géospatiale sont repris dans le TABLEAU 12.

Une MANOVA avec «sexe» comme facteur de variation a été effectuée sur les quatre scores suivants:

- (1) le nombre de noms de pays autres qu'américains cités librement pendant 2 minutes (AUTRES);
- (2) le nombre de noms de pays américains également cités librement (AM1)
- (3) la plus longue série de noms de pays américains cités dans l'ordre établi (dans le sens de la lecture d'un texte, à savoir du nord vers le sud, tout en allant de gauche à droite (GEOSPAT) (voir FIGURE 11);
- (4) le nombre total de noms de pays américains cités lorsqu'une organisation géospatiale est demandée (AM2).

En ce qui concerne la mesure GEOSPAT le critère de correction suivant a été appliqué: le score attribué au sujet correspond au nombre de pays donnés dans l'ordre géographique tel qu'il est défini au TABLEAU 13. Si, par exemple, le sujet donne la séquence suivante: Alaska, Canada, Mexique, **Guatemala**, Etats-Unis,

alors son score sera de 4, puisqu'il cite les Etats-Unis comme s'ils étaient au-dessous du Guatemala. Le fait qu'il n'ait pas cité les Etats-Unis entre le Canada et le Mexique n'est pas considéré comme une erreur.

	Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
AM1**	8.10	3.76	5.73	2.58
AUTRES***	41.10	10.83	30.59	7.47
GEOSPAT	6.10	2.89	5.14	3.01
AM2***	11.53	3.76	7.65	3.41

TABLEAU 12. Scores moyens pour les différentes épreuves sur les noms de pays en fonction du sexe.

** $p < .01$

*** $p < .001$

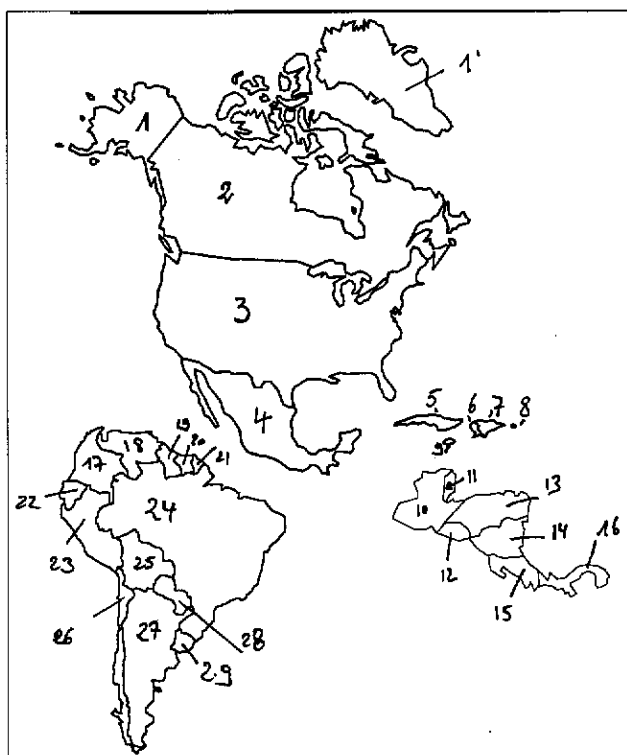
Il existe un avantage masculin significatif pour les deux premiers scores: les hommes citent spontanément plus de noms de pays américains que les femmes, $F(1, 65) = 9.31, p = .003$, et produisent un plus grand nombre de noms de pays «AUTRES» que les femmes, $F(1, 65) = 21.96, p < .001$. Leurs connaissances géographiques sont donc plus grandes que celles des femmes, ou du moins ils y ont accès plus facilement que ces dernières. Les hommes rapportent également plus de noms de pays indépendamment de la localisation, dans la tâche d'organisation géospatiale, $F(1, 65) = 19.63, p < .001$. Il n'y a cependant aucun avantage masculin pour la variable GEOSPAT. La représentation des positions relatives des pays du continent américain est aussi pauvre chez les hommes que chez les femmes, $F(1, 65) = 1.76, p = .189$. Alors que les hommes savent rapporter plus de noms de pays américains que les femmes, ils n'ont cependant pas plus que les femmes accès à une représentation précise des localisations relatives des pays.

Nos résultats nous forcent à nuancer la distinction introduite par Halpern et al. (1996) selon laquelle les femmes auraient une meilleure performance dans les tests qui nécessitent un accès rapide à des informations en mémoire à long terme (ici, les

noms de pays) et les hommes auraient une meilleure performance dans les tests exigeant une manipulation mentale de représentation (se représenter une carte du monde). Le format spatial de la représentation à laquelle les sujets peuvent faire appel pour donner le plus de noms de pays confère probablement un avantage aux hommes et leur permet d'avoir un accès plus rapide à la réponse stockée en mémoire à long terme.

La tâche de fluence verbale sur les noms de pays fait intervenir ces deux processus, mais qui semble privilégier les sujets qui peuvent accéder une représentation spatiale plus riche, quoique peu précise en termes de relations topologiques exactes (cf. GEOSPAT).

FIGURE 11. La séquence des pays du continent américain en fonction du critère Nord-Sud et Ouest-Est. Groenland est accepté comme réponse s'il est donné avant le Canada et/ou après l'Alaska. L'Amérique centrale a été agrandie et déplacée pour des raisons de facilité de cotation. Feuille de cotation.



1	Alaska	16	Panama
2	Canada	17	Colombie
3	Etats-Unis	18	Venezuela
4	Mexique	19	Guyane
5	Cuba	20	Surinam
6	Haïti	21	Guyane Française
7	République Dominicaine	22	Equateur
8	Puerto Rico	23	Pérou
9	Jamaïque	24	Brésil
10	Guatemala	25	Bolivie
11	Belize	26	Chili
12	El Salvador	27	Argentine
13	Honduras	28	Paraguay
14	Nicaragua	29	Uruguay
15	Costa Rica	1'	Groenland

TABEAU 13. Séquence des pays du continent américain en fonction du critère d'organisation géospatiale ~ Nord-Sud et Ouest-Est.

Conclusions

Nous devons constater que toutes les différences de sexe significatives dans le présent travail consistaient en des avantages masculins. Les hommes dépassaient les femmes même dans les tâches pour lesquelles nous nous attendions clairement à un avantage féminin. Nous ne disposons actuellement d'aucune explication de cette inversion des effets «sexe». Cependant elle existe, et mène à des différences importantes. Des recherches approfondies sont nécessaires pour élucider la stabilité de ces effets et l'influence de facteurs parasites. L'avantage masculin dans la mémoire spatiale trouvé ici pourrait, par exemple, être lié au degré de familiarité avec les items. Nous avons suggéré que les capacités spatiales des femmes servaient plutôt à se retrouver dans un environnement proche, et surtout par rapport à des points de repères connus.

Il nous semble également que les conditions de présentation intermodale utilisées ici doivent être revues et affinées. Demander aux sujets de décrire un espace dans lequel ils devaient se retrouver n'augmentait pas leurs performances. De même, le nombre d'objets dénommés au préalable n'est pas en relation avec la mémoire spatiale, alors qu'il était associé à la mémoire visuelle des objets. Il paraît que l'intervention de processus verbaux dans le traitement des informations spatiales soit assez faible, ou du moins qu'elle ne différencie pas les hommes et les femmes. Le format spatial de la représentation mentale à utiliser pour accéder à une réponse verbale peut, quant à lui, constituer un facteur limitatif, comme c'était le cas dans l'épreuve de fluence verbale sur les pays américains avec organisation géospatiale. La qualité du discours spatial semble plus dépendre de la qualité des représentations mentales de nature spatiale que des capacités linguistiques. Alors que les descriptions verbales des trajets données par les femmes avaient tendance à être légèrement plus riches en détails (pictogrammes, points cardinaux) et à représenter des trajets aboutissant à la cible, celles des hommes correspondaient proportionnellement plus souvent à des chemins directs, témoignant de représentations spatiales plus précises en termes euclidiens.

Bibliographie

- Alcock, J., (1993). *Animal Behavior: An Evolutionary Approach*, (5ème édition), Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, Inc., Publ.
- Allman, W., F., (1994). *Mammutjäger in der Metro. Wie das Erbe der Evolution unser Denken und Verhalten prägt.* (traduit de l'anglais par Gerold Bosch). Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Amponsah, B., et Krekling, S., (1997). Sex differences in visual-spatial performance among Ghanaian and Norwegian adults. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 28 (1), 81-92.
- Berthiaume, F., Robert, M., St-Onge, R., et Pelletier, J., (1993). Absence of a gender difference in a haptic version of the water-level task. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31 (1), 57-60.
- Buss, D., M., (1995). Psychological Sex Differences. Origins Through Sexual Selection. *American Psychologist*, 50 (3), 164-168.
- Caplan, P., J., MacPherson, G., M. et Tobin, P., (1985). Do Sex-Related Differences in Spatial Abilities Exist? A Multilevel Critique With New Data. *American Psychologist*, 40 (7), 786-799.
- Cosmides, L., et Tooby, J., (1994). Beyond intuition and instinct blindness: toward an evolutionary rigorous cognitive science. *Cognition*, 50, 41-77.
- Cosmides, L., et Tooby, J., (1995). From Function to Structure: The role of Evolutionary Biology and Computational Theories in Cognitive Neuroscience. In Gazzaniga, M., S., *The Cognitive Neurosciences*. pp. 1199-1210.
- Cosmides, L., et Tooby, J., (1997). *Evolutionary Psychology: A Primer*, Syllabus de cours, Santa Barbara: University of California, Center for Evolutionary Psychology.

- Crawford, C., B., (1989). The Theory of Evolution: Of what Value to Psychology? *Journal of Comparative Psychology*, 103 (1), 4-22.
- Darwin, C., (1859/1965). *On The Origin of Species*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- DeKay, W., T., et Buss, D., M., (1992). Human Nature, Individual Differences, and the Importance of Context: Perspectives From Evolutionary Psychology. *Current Directions in Psychological Science*, 1 (6), 184-188.
- Donald, M., (1991). *Origins of the Modern Mind. Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*. Cambridge, Massachusetts, London, England: Harvard University Press.
- Eals, M., et Silverman, I., (1994). The Hunter-Gatherer Theory of Spatial Sex Differences: Proximate Factors Mediating the Female Advantage in Recall of Object Arrays. *Ethology and Sociobiology*, 15, 95-105.
- Eliot, J., (1986), Comment on Caplan, MacPherson, and Tobin, *American Psychologist*, Septembre, 1011.
- Fodor, J., A., (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge Mass.: MIT Press.
- Galea, L., A., M., et Kimura, D., (1993). Sex differences in route learning. *Personality and Individual Differences*, 14, 53-65.
- Gaulin, S., J., C., (1995). Does Evolutionary Theory Predict Sex Differences in the Brain? In Gazzaniga, M., S., Editeur en chef, *The cognitive neurosciences*, MIT: MIT Press, pp. 1211-1225.
- Geary, D., C., (1996). Sexual selection and sex differences in mathematical abilities. *Behavioral and Brain Sciences*, 19, 229-284.
- Geary, D., C., (à paraître). *Male-Female: The evolution and development of sex differences*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Halpern, D., F., (1986). A different response to the question "Do sex differences in spatial abilities exist?", *American Psychologist*, 41, 1014-1015.

- Halpern, D., F., (1992). *Sex Differences in Cognitive Abilities* (2ème édition). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halpern, D., F., (1995). Sex-related differences in learning, thinking, and remembering: an introduction. *Learning and Individual Differences*, 7 (4), 273-274.
- Halpern, D., F, et Wright, T., M., (1996). A process-oriented model of cognitive sex differences. *Learning and Individual Differences*, 8 (1), 3-24.
- Hyde, J., S., et Linn, M., C., (1988), Gender Differences in Verbal Ability: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 104, 53-69.
- Hyde, J., S., (1996). Gender and cognition: a commentary on current research. *Learning and Individual Differences*, 8 (1), 33-38.
- Kimura, D., et Hampson, E., (1994), Cognitive Pattern in Men and Women is Influenced by Fluctuations in Sex Hormones, *Current Directions in Psychological Science*, 3, (2), 57-61.
- Kosslyn, S., M., (1988). Aspects of a cognitive neuroscience of mental imagery. *Science*, 240, 1620-1627.
- Lawton, C., A., (1994). Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety. *Sex Roles*, 30, 765-777.
- Linn, M., C., et Peterson, A., C., (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta- analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498
- Maccoby, E., E., et Jacklin, C., N., (1974). *Psychology of Sex Differences*. Stanford: Stanford University Press.
- Martin, P., (1997). *The Sickening Mind -- Brain, Behaviour, Immunity and Disease*. London: HarperCollinsPublishers.
- Martin, R., (1993). *Identification et impact de stratégies de traitement des informations spatiales*. Mémoire de D.E.A. non publié. Université de Nancy 2.

- Martin, R., (1997). Possibilités d'utilisation du comportement exploratoire dans un espace virtuel en 3D en tant que mesure de l'intelligence spatiale. In *Psychologie et différences individuelles. Questions actuelles*, sous la direction de J. Juhel, T. Marivain et G. Rouxel. Presses universitaires de Rennes.
- Martin, R., (1998). *Encodage spatial et intelligence*. Thèse de Doctorat non-publiée. Université Nancy 2.
- Mithen, S., (1996). *The Prehistory of the Mind. A search of the origins of art, religion and science*. London: Thames and Hudson.
- Odille, K., et Michot, C., (1994/95). *Relation entre intelligence et modes d'exploration d'un espace en trois dimensions simulé sur un ordinateur*. Mémoire de maîtrise de psychologie non-publié. Université de Nancy 2.
- Pinker, S., (1997). *How the Mind works*. New York, London: W W. Norton & Company.
- Plotkin, H., (1997), *Evolution in Mind, An Introduction to Evolutionary Psychology*, London: Penguin Books.
- Ridley, M., (1993). *The Red Queen. Sex and the Evolution of Human Nature*. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books.
- Robert, M., (1990). Sex-typing of the water-level task: There is more than meets the eye. *International Journal of Psychology*, 25, 475-490.
- Robert, M., Pelletier, J., St-Onge R., et Berthiaume, F., (1993). Women's deficiency in water-level representation: Present in visual conditions yet absent in haptic contexts. *Acta Psychologica*, 87, 19-32.
- Schmitz, S., (1995), *Geschlechtsspezifische der Angst auf Zeit und Fehlerleistungen in Labyrinthaufgaben zur Raumorientierung im Jugendalter*. *Zeitschrift f. Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, Volume 27, (3), 251-267.

- Sharps, M., J., Welton, A., L., et Price, J., L., (1993), Gender and Task in the Determination of Spatial Cognitive Performance, *Psychology of Women Quarterly*, 17, 71-83.
- Silverman, I., et Eals, M., (1992). Sex differences in spatial abilities: evolutionary theory and data. In *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, J. Barkow, L. Cosmides, J. Tooby (Eds.). New York: Oxford University Press, pp. 19-136.
- Silverman, I., et Phillips, K., (1993). Effects of estrogen changes during the menstrual cycle on spatial performance. *Ethology and Sociobiology*, 14, 257-270.
- Snyder, P., J., et Harris, L., J., (1996). Where in the world am I? Sex and happiness differences in knowledge of geography. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 13-1385.
- Thinus-Blanc, C., Gaunet, F., et Péruch, P., (1996), La mémoire de l'espace, *Science & Vie*, Hors Série, 195, 19-27.
- Tooby, J., et Cosmides, L., (1992). The psychological foundations of culture. In *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, J. Barkow, L. Cosmides, J. Tooby (Eds.). New York: Oxford University Press, pp. 19-136.
- Tooby, J., et DeVore, I., (1987). The reconstruction of hominid behavioral evolution through strategic modeling. In *The Evolution of Human Behavior: Primate Models*, W.G. Kinzey (Ed.). New York: SUNY Press.

Annexes

- ANNEXE 1 Caractéristiques des sujets
- ANNEXE 2 Matériel du test de l'horizontalité du niveau de l'eau
Condition Classique
- ANNEXE 3 Matériel du test de l'horizontalité du niveau de l'eau
Condition Modifiée
- ANNEXE 4 Matériel du test de mémoire spatiale des objets non familiers
Configuration de départ des stimuli
- ANNEXE 5 Matériel du test de mémoire spatiale des objets non familiers
Configuration des stimuli avec items ajoutés
- ANNEXE 6 Matériel du test de mémoire spatiale des objets non familiers
Configuration des stimuli avec items déplacés
- ANNEXE 7 Consignes favorisant un «*encodage visuo-spatial*» lors de
l'exploration du labyrinthe
- ANNEXE 8 Consignes favorisant un «*encodage verbal*» lors de
l'exploration du labyrinthe
- ANNEXE 9 Consignes demandant une *reproduction graphique* du
labyrinthe
- ANNEXE 10 Consignes demandant des *descriptions verbales* du labyrinthe

ANNEXE 1 - Caractéristiques des sujets

SUJET	SEXE	AGE	MAIN DOMINANTE	ETUDES	ANNEE	LANGUE MATERNELLE
1	MASCULIN	19	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
2	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
3	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 LICENCE	FRANÇAIS
4	MASCULIN	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 CANDIDATURE	FRANÇAIS
5	MASCULIN	22	DROITE	COMMUNICATIONS	2 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS
6	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS
7	MASCULIN	18	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
8	MASCULIN	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
9	MASCULIN	20	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	2 CANDIDATURE	FRANÇAIS
10	MASCULIN	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
11	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
12	MASCULIN	27	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	1 LICENCE	FRANÇAIS
13	MASCULIN	22	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	1 LICENCE	FRANÇAIS
14	MASCULIN	24	DROITE	DROIT	1 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS
15	MASCULIN	23	GAUCHE	PHYSIQUE	2 LICENCE	NEERLANDAIS
16	MASCULIN	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	MACEDONIEN
17	MASCULIN	24	DROITE	MEDECINE	3 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS
21	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
22	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 LICENCE	FRANÇAIS
23	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
24	MASCULIN	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
25	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
26	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
27	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 LICENCE	FRANÇAIS
28	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
29	MASCULIN	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
30	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
31	MASCULIN	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
32	MASCULIN	21	GAUCHE	COMMUNICATIONS	2 LICENCE	FRANÇAIS
33	MASCULIN	27	DROITE	ANTHROPOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
34	MASCULIN	22	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
35	MASCULIN	25	DROITE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
36	MASCULIN	24	DROITE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
41	FEMININ	22	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
42	FEMININ	24	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
43	FEMININ	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
44	FEMININ	25	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS

45	FEMININ	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
46	FEMININ	18	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
47	FEMININ	24	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	GREC
48	FEMININ	22	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
49	FEMININ	18	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
50	FEMININ	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS
51	FEMININ	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	ESPAGNOL
52	FEMININ	18	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
53	FEMININ	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
54	FEMININ	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
55	FEMININ	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
56	FEMININ	29	DROITE	PSYCHOLOGIE	DOCTORAT	FRANÇAIS
57	FEMININ	23	DROITE	PSYCHOLOGIE	DOCTORAT	FRANÇAIS
58	FEMININ	24	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
59	FEMININ	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	3 LICENCE	FRANÇAIS
60	FEMININ	27	DROITE	PSYCHOLOGIE	DOCTORAT	FRANÇAIS
61	FEMININ	19	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
62	FEMININ	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
63	FEMININ	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS
64	FEMININ	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
65	FEMININ	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS
66	FEMININ	19	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
67	FEMININ	19	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	2 CANDIDATURE	FRANÇAIS
68	FEMININ	21	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 CANDIDATURE	FRANÇAIS
69	FEMININ	20	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS
70	FEMININ	19	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
71	FEMININ	22	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	FRANÇAIS
72	FEMININ	25	DROITE	PSYCHOLOGIE	2 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS
73	FEMININ	19	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
74	FEMININ	20	GAUCHE	PSYCHOLOGIE	2 CANDIDATURE	FRANÇAIS
75	FEMININ	18	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
76	FEMININ	19	DROITE	PSYCHOLOGIE	1 CANDIDATURE	FRANÇAIS
77	FEMININ	23	DROITE	DIETETIQUE	DIPLOME	LUXEMBOURGEOIS
78	FEMININ	23	DROITE	PHARMACOLOGIE	3 LICENCE	LUXEMBOURGEOIS
79	FEMININ	20	DROITE	ECOLE NORMALE	1 CANDIDATURE	LUXEMBOURGEOIS

Consignes

*Ci-dessous, vous trouverez une série de situations similaires. Dans chacune de ces situations, vous voyez une bouteille à **moitié remplie** avec de l'eau. Elle se trouve d'abord en position normale, puis elle est inclinée dans différentes positions.*

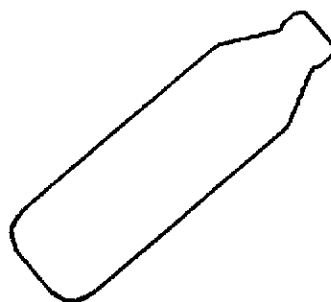
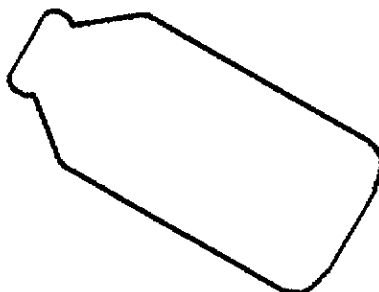
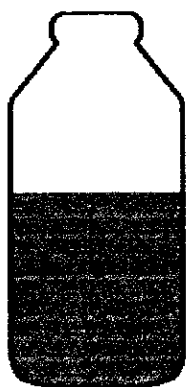
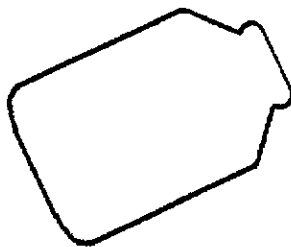
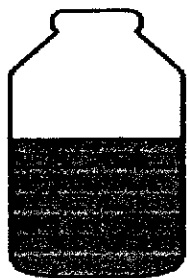
Votre tâche est d'indiquer par un trait le niveau correct de l'eau dans la bouteille inclinée.

Essayez d'être le plus précis possible.

Attendez mon signal pour tourner la page.

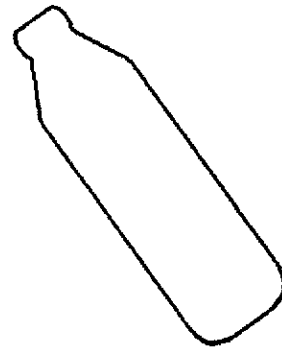
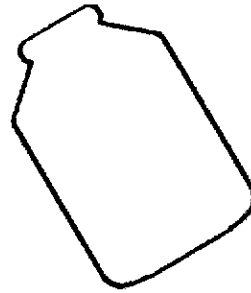
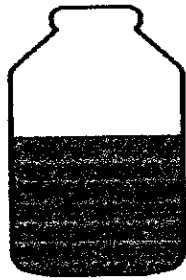
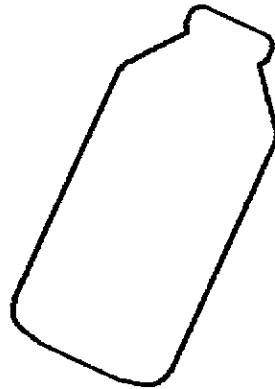
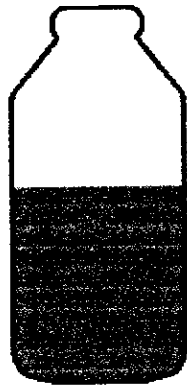
Date:

Sujet N°:



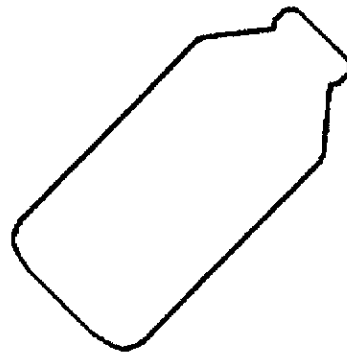
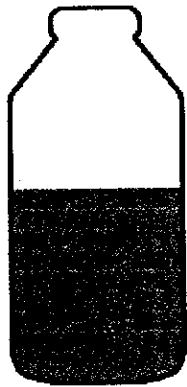
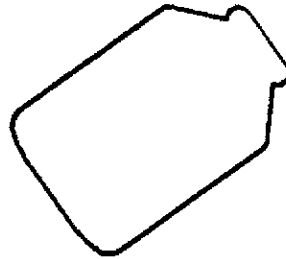
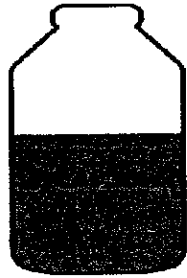
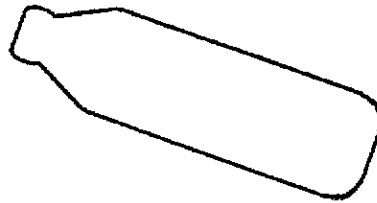
Date:

Sujet N°:



Date:

Sujet N°:



Temps total : ____ min ____ sec

Consignes

Ci-dessous, vous voyez une série de situations similaires. Dans chacune de ces situations, à gauche se trouve l'image d'un personnage qui a fait du sport. L'effort qu'il a fait peut être variable. A droite, se trouve une bouteille d'eau sur un support FIXE. Notre sportif va se rafraîchir avec l'eau de la bouteille.

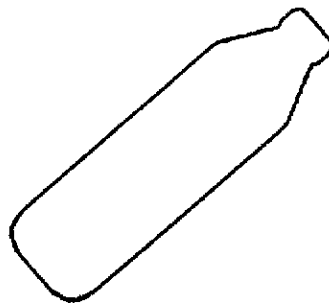
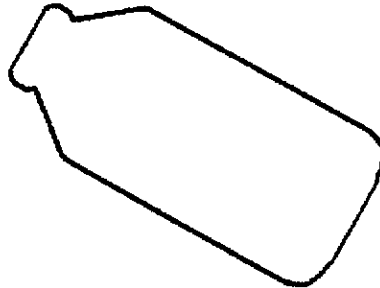
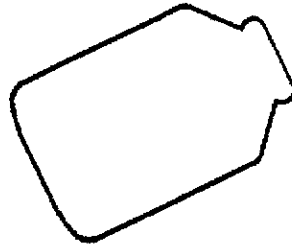
Votre tâche est d'estimer, et d'indiquer par un trait, le niveau de l'eau que notre sportif voudrait bien boire après son exercice.

Essayez d'être le plus précis possible.

Attendez mon signal pour tourner la page.

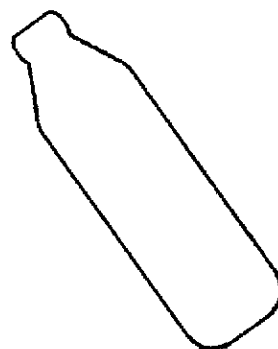
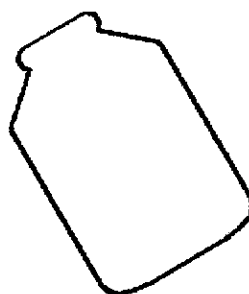
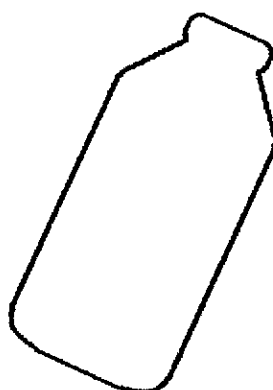
Date:

Sujet N°:



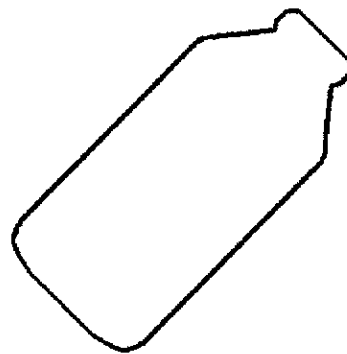
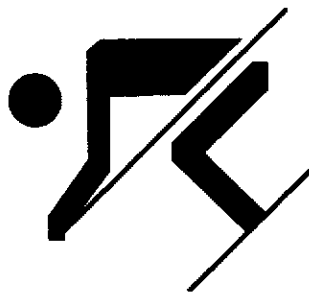
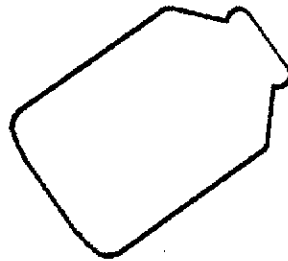
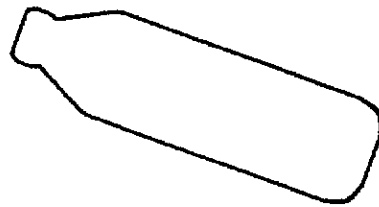
Date:

Sujet N°:



Date:

Sujet N°:



Temps total : ____ min ____ sec

ANNEXE 7 - Consignes favorisant un «encodage visuo-spatial» lors de l'exploration du labyrinthe

Lisez attentivement les consignes suivantes:

Il s'agit d'une épreuve d'exploration d'un labyrinthe en 3D, dont vous allez faire une visite guidée de 2 tours. Cela vous permettra de mémoriser l'espace exploré.

Dans ce labyrinthe divers objets ont été placés. Leur localisation est importante à retenir, car votre tâche portera dessus. En effet, on vous demandera de retrouver votre chemin d'un certain pictogramme à un autre.

Les consignes vous seront présentées en bloc avant la passation de l'expérience, suite à quoi vous pourrez poser des questions. Essayez cependant de vous concentrer sur votre tâche pendant la phase d'expérience.

Notez dès maintenant que nous vous encourageons à imaginer le labyrinthe tel que le verrait un oiseau qui le survole.

1) Dans un premier temps, vous devez dénommer les quinze pictogrammes qui vous seront présentés sur l'écran. Nous voulons être sûrs que les objets représentés sont bien identifiés.

Notez que les 4 figures du haut correspondent aux 4 directions (Nord, Sud, Ouest, Est) qui figureront dans le ciel au-dessus du labyrinthe.

2) Dans un deuxième temps, vous allez faire la visite guidée dont vous pourrez contrôler la vitesse d'avancement en appuyant sur la barre d'ESPACE.

Essayez de bien retenir la structure du labyrinthe ainsi que l'emplacement des différents pictogrammes. Rappelez-vous que nous vous encourageons d'imaginer le labyrinthe vu d'en haut.

3) Dans un troisième temps, vous serez placés à différents endroits du labyrinthe (pictogramme de départ) et vous devrez retrouver le pictogramme indiqué en empruntant le CHEMIN LE PLUS COURT, LE PLUS VITE possible.

Le numéro indiqué en bas de l'écran diminuera à chaque mouvement. Il correspond au score qui vous sera attribué pour chaque trajet réussi.

Les déplacements se font à l'aide des touches à flèches.

La flèche vers le haut vous fait avancer, la flèche vers le bas reculer, et les flèches gauche ou droite vous font tourner vers la gauche ou la droite.

Notez que vous ne devez absolument pas avoir de connaissances particulières des micro-ordinateurs ou des jeux vidéo. La manipulation des mouvements de déplacement a été conçue pour être très facile.

ANNEXE 8 - Consignes favorisant un «encodage verbal» lors de l'exploration du labyrinthe

Lisez attentivement les consignes suivantes:

Il s'agit d'une épreuve d'exploration d'un labyrinthe en 3D, dont vous allez faire une visite guidée de 2 tours. Cela vous permettra de mémoriser l'espace exploré.

Dans ce labyrinthe divers objets ont été placés. Leur localisation est importante à retenir, car votre tâche portera dessus. En effet, on vous demandera de retrouver votre chemin d'un certain pictogramme à un autre.

Les consignes vous seront présentées en bloc avant la passation de l'expérience, suite à quoi vous pourrez poser des questions. Essayez cependant de vous concentrer sur votre tâche pendant la phase d'expérience.

Notez dès maintenant que nous vous encourageons à VERBALISER à voix haute la structure du labyrinthe, les emplacements respectifs des objets ainsi que les relations que vous découvrirez entre ces objets.

1) Dans un premier temps, vous devez dénommer les quinze pictogrammes qui vous seront présentés sur l'écran. Nous voulons être sûrs que les objets représentés sont bien identifiés.

Notez que les 4 figures du haut correspondent aux 4 directions (Nord, Sud, Ouest, Est) qui figureront dans le ciel au-dessus du labyrinthe.

2) Dans un deuxième temps, vous allez faire la visite guidée dont vous pourrez contrôler la vitesse d'avancement en appuyant sur la barre d'ESPACE.

Essayez de verbaliser la structure du labyrinthe ainsi que l'emplacement des différents pictogrammes. Dites-vous, par exemple que l'objet A se trouve à gauche de l'objet B.

N'hésitez pas à imaginer des liens entre des pictogrammes proches les uns des autres. Profitez des indications dans le ciel, essayez de verbaliser le plus possible tout ce que vous remarquerez.

3) Dans un troisième temps, vous serez placés à différents endroits du labyrinthe (pictogramme de départ) et vous devrez retrouver le pictogramme indiqué en empruntant le CHEMIN LE PLUS COURT, LE PLUS VITE possible.

Le numéro indiqué en bas de l'écran diminuera à chaque mouvement. Il correspond au score qui vous sera attribué pour chaque trajet réussi.

Les déplacements se font à l'aide des touches à flèches.

La flèche vers le haut vous fait avancer, la flèche vers le bas reculer, et les flèches gauche ou droite vous font tourner vers la gauche ou la droite.

Notez que vous ne devez absolument pas avoir de connaissances particulières des micro-ordinateurs ou des jeux vidéo. La manipulation des mouvements de déplacement a été conçue pour être très facile.

Date:

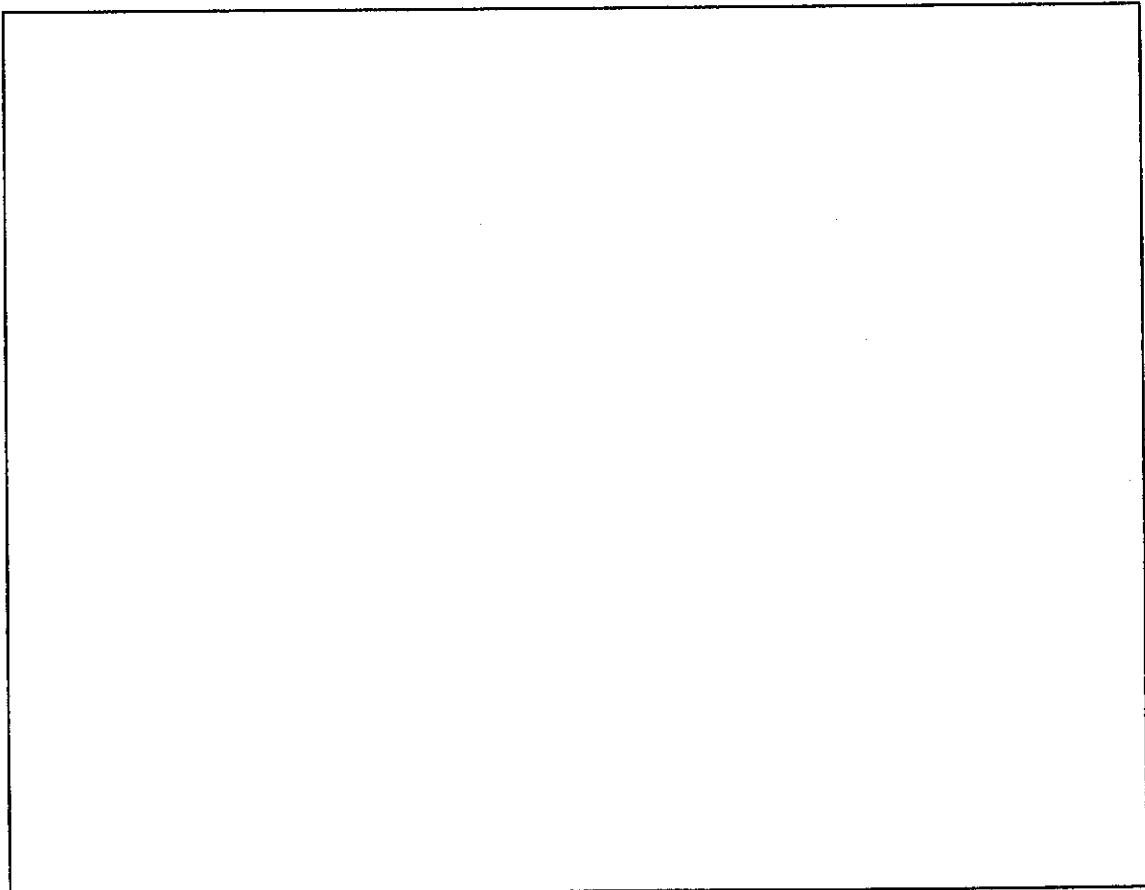
Sujet N°:

Maintenant, je vous demande d'imaginer qu'un **autre sujet** doit passer l'épreuve que vous venez de réaliser, sauf que lui/elle ne fait pas la visite guidée du labyrinthe. Il/Elle doit se fier à ce que vous lui transmettez. Essayez donc de produire **une carte** de l'espace exploré la plus précise possible pour qu'il/elle puisse se retrouver d'un pictogramme à l'autre, comme vous venez de le faire. Vous pouvez utiliser les symboles dans le ciel pour indiquer les directions, ainsi que vous pouvez indiquer par des numéros correspondant les emplacements des pictogrammes.

Vous pouvez aussi imaginer que vous devez dessiner à un étranger le plan d'une ville que vous connaissez!

Numéros des pictogrammes:

- | | |
|-----------|---------------|
| 1. Eclair | 8. Drapeau |
| 2. Lampe | 9. Eglise |
| 3. Sapin | 10. Maison |
| 4. Avion | 11. Téléphone |
| 5. Bateau | 12. Camion |
| 6. Crayon | 13. Etoile |
| 7. Clé | 14. Marmite |
| | 15. Poisson |



Date:

Sujet N°:

Maintenant, je vous demande d'imaginer qu'un **autre sujet** doit réaliser l'épreuve que vous venez de passer, sauf que lui/elle ne fait pas la visite guidée du labyrinthe. Il/Elle doit se fier à ce que vous lui transmettez. Essayez donc de donner une description la plus précise possible de l'espace exploré pour qu'il/elle puisse se retrouver d'un pictogramme à l'autre, comme vous venez de le faire. Vous pouvez utiliser les symboles dans le ciel pour indiquer la direction à prendre, ainsi que des liens éventuels entre pictogrammes.

Vous pouvez aussi imaginer que vous devez décrire à un étranger des itinéraires dans une ville que vous connaissez!

Décrivez le chemin entre les pictogrammes suivants:

Sapin - Drapeau:

Telephone - Maison:

Sapin - Avion:

Drapeau - Clé:

Téléphone - Marmite:

Eglise - Téléphone:
