Université catholique de Louvain

Faculté des sciences politiques, économiques, sociales et de la communication

Institut Langage et Communication – Pôle communication

La recherche d'information dans un environnement hypermédia : le rôle des habiletés visuo-spatiales

Dissertation doctorale en vue de l'obtention

du grade de docteur en Information et Communication

Par Aurélie Brouwers

Composition du jury :

Pierre Fastrez (Promoteur)	Université catholique de Louvain
Philippe Verhaegen (Président)	Université catholique de Louvain
Thierry De Smedt	Université catholique de Louvain
Daniel Peraya	Université catholique de Louvain
Mireille Bétrancourt	Université de Genève
André Tricot	Université de Toulouse

Février 2015

En ouverture de ce travail, je voudrais adresser quelques remerciements.

À Pierre Fastrez, mon promoteur,
Pour m'avoir fait confiance,
Pour m'avoir accompagnée tout au long de cette recherche,
Pour m'avoir laissée m'approprier ce projet qui était le sien,
Pour sa grande disponibilité.

À Mireille Betrancourt,
Pour son investissement remarquable dans ma recherche
en tant que membre de mon comité d'accompagnement de thèse,
Pour son accueil chaleureux à TECFA,
Pour sa créativité
Pour son esprit positif
Pour son énergie communicative.

À Thierry De Smedt,
Pour m'avoir donné l'envie et la confiance de me lancer dans la recherche,
Pour avoir accepté de faire partie de mon comité de thèse,
Pour sa bienveillance,

À Daniel Peraya,
Pour avoir accepté de m'accompagner tout au long de cette thèse,
Pour son accueil là-bas, dans son autre chez lui,
Pour sa sympathie.

À André Tricot,
Pour l'intérêt qu'il a accordé à cette recherche avant même que je ne la débute,
Pour avoir accepté avec enthousiasme de faire partie du jury de cette thèse.
Pour sa flexibilité
Pour l'attention qu'il portera à mon travail.

À Philippe Verhaegen,
Pour avoir accepté de présider mon jury de thèse.

À mes collègues de COMU, et particulièrement ceux du GReMS,
Pour m'avoir donné un environnement de travail agréable et convivial,
Pour m'avoir laissé croire que j'étais la « petite princesse » du GReMS
(pendant un temps du moins),
Pour avoir supporté mon humour et mes idées parfois farfelues,
Pour avoir répondu positivement à mes nombreuses sollicitations,
et particulièrement à Marie, Jerry, Lio, Camille, Thibault et Lara.

À Baptiste,
Pour m'avoir supporté comme voisine
et pour sa précieuse aide pour l'illustration de ma thèse.

À Anne-Sophie et Mariève,
Pour leur écoute et leur soutien.

À mes collègues de TECFA,
Pour leur accueil chaleureux et particulièrement à Nicolas et Giulia.

À tous les participants de mes expé :
Mes copains : Aldo, Julien, Lise, Catherine, Nico,
Max, Léo, Cloé, Pierre, Thomas, Audrey, Delphine, Bench, Jehanne, Ben,
Aux étudiants de Masters motivés,
Aux sommeliers sympathiques.

À mon équipe de relectrices,
Catherine, Aline et Lisa,
Pour leur rigueur, leur rapidité, leur disponibilité et leurs encouragements.

À mon Julien,
Pour son soutien, son respect, sa patience et son esprit positif sans faille.

À notre minus,
Pour être tombé à pique,
Pour m'avoir donné la plus belle des motivations
Et pour m'avoir tenu compagnie ces longues heures passées devant le PC.

Enfin, au FNRS,
Pour avoir financé cette recherche.

Table des matières

Introduction 11
PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE 17
Chapitre 1 : Définitions 17
1. La recherche d'information 17
1.1 Historique 17
1.2 Le chercheur d'information 19
1.3 La tâche de recherche d'information 20
1.4 Modélisations cognitives de la recherche d'information 21
1.5 Synthèse 24
2. L'hypermédia 25
2.1 Origines du terme 25
2.2 L'hypermédia aujourd'hui 26
2.3 Hypermédia, hypertexte, … notre définition 27
3. La navigation hypertextuelle 28
3.1 La navigation spatiale 29
3.2 La navigation sémantique 31
3.3 Les routines 32
3.4 La désorientation 33
3.5 Les aides à la navigation 33
3.6 Synthèse 35
4. La cognition spatiale 36
4.1 La mémoire 36
4.2 La charge cognitive : la théorie de Sweller 39
4.3 Les habiletés visuo-spatiales 40
4.4 Cadres de référence et perspectives 46
4.5 La représentation mentale de l'environnement 47
5. La théorie de la cognition distribuée 57
Chapitre 2 : Revue de la littérature 60
1. Critères de sélection et paramètres analysés/comparés 60
1.1 Le type de système 62
1.2 La tâche de navigation 62
1.3 Les tests cognitifs utilisés 64

1.4 Les variables dépendantes ... 65
2. Revue critique de la littérature ... 66
2.1 Les années 80 ... 66
2.2 Avant les années 2000 ... 68
2.3 Les années 2000 ... 71
3. Synthèse ... 79
3.1 Paramètres différents ... 82
3.2 Les paramètres communs ... 84
DEUXIEME PARTIE : QUESTIONNEMENT ET METHODE ... 86
Chapitre 1 : Questionnement ... 86
1. Problématique ... 86
1.1 Le processus cognitif ... 86
1.2 Les caractéristiques de la tâche ... 87
2. Question de recherche ... 87
3. Hypothèses ... 87
Chapitre 2 : Méthode ... 89
1. Démarche compréhensive ... 89
2. Démarche expérimentale ... 90
2.1 Le dispositif d'observation ... 90
2.2 Sujets ... 93
2.3 Tâches ... 94
2.4 Les tests cognitifs ... 95
3. Passation ... 95
4. Données recueillies ... 96
4.1 Données qualitatives ... 96
4.2 Données quantitatives ... 98
TROISIEME PARTIE : ... 101
PREMIERE EXPERIMENTATION ... 101
Chapitre 1 : Analyse des données ... 101
1. Analyse statistique des données quantitatives ... 101
2. Analyse qualitative ... 104
2.1 Observations ... 104
Chapitre 2 : Interprétations des observations ... 116
1. Les stratégies de navigation ... 116
1.1 La navigation hypermédia ... 116

1.2 Relations entre les stratégies hypermédia et les stratégies physiques 123
2. Analyse du verbatim 128
3. Discussions et interprétations des observations 129
4. Conclusion 134
QUATRIEME PARTIE : 137
DEUXIEME EXPERIMENTATION 137
Chapitre 1 : Nouvelles hypothèses 137
1. Hypothèse issue de l'analyse des stratégies de navigation dans l'environnement hypermédia 137
2. Hypothèse issue de l'analyse des stratégies de navigation dans l'environnement physique 138
3. Le rôle des connaissances antérieures dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia 139
Chapitre 2 : Le dispositif d'observation 140
1. Le système 140
2. Les sujets 143
3. Les tâches 144
4. Le test cognitif utilisé 145
5. Recueil et traitement des données 145
Chapitre 3 : Analyse des résultats 146
1. Tâche 3 146
2. Tâche 4 147
3. Tâche 5 149
4. Tâche 8 150
5. Autres observations 153
6. Conclusion 158
Discussions et conclusions générales 161
Bibliographie 169
Annexes 183
Annexe 1 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement hypermédia 183
Tableau 1 : Association du comportement de navigation sémantique avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia : 183
Tableau 2 : Association du comportement qui consiste à utiliser un outil de navigation avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia : 184
Tableau 3: Association du comportement qui consiste à retourner au début avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia : 185

Tableau 4: Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'environnement construite par apprentissage secondaire avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :..... 186

Tableau 5 : Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'environnement construite par apprentissage primaire avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :..... 186

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'organisation de l'information au sein de la page avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :..... 187

Tableau 7: Association du comportement « exploration/onglet versus systématique/back » avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :..... 187

Tableau 8: Association du comportement « Plan-Cible-Route » avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :..... 187

Annexe 2 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement physique 188

Tableau 1 : Association du comportement qui consiste à interpréter les panneaux avec les autres comportements observés dans l'environnement physique..... 188

Tableau 2 : Association du comportement qui consiste à ne pas réinterpréter les panneaux avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 189

Tableau 3 : Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan (parce que le sujet a une représentation mentale de l'environnement) avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 190

Tableau 4 : Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan (parce que le sujet préfère d'autres outils) avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 191

Tableau 5 : Association du comportement qui consiste à s'orienter par rapport à l'infrastructure avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 191

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à prendre un chemin déjà emprunté avec les autres comportements observés dans l'environnement physique..... 192

Tableau 7: Association du comportement qui consiste à prendre un nouvel itinéraire avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 193

Tableau 8: Association du comportement de « la ligne d'arrêt » avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 194

Tableau 9: Association du comportement qui consiste à aller voir les animaux inconnus avec les autres comportements observés dans l'environnement physique..... 195

Tableau 10: Association du comportement de navigation systématique avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 195

Tableau 11: Association du comportement qui consiste à faire concorder le plan avec l'environnement avec les autres comportements observés dans l'environnement physique 196

Tableau 12: Association du comportement d'avoir une estimation *survey* correcte mais pas représentation *route,* de l'environnement avec les autres comportements observés dans l'environnement physique..... 197

Annexes 3 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement physique avec ceux observés dans l'environnement hypermédia... 198

Tableau 1 : Association du comportement qui consiste à réinterpréter les panneaux (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 198

Tableau 2: Association du comportement qui consiste à ne pas réinterpréter les panneaux (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 199

Tableau 3: Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan car le participant a une représentation mentale de l'environnement (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 200

Tableau 4: Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan car le participant préfère d'autres outils (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 200

Tableau 5: Association du comportement qui consiste à s'orienter par rapport à l'infrastructure (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 201

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à prendre un chemin déjà emprunté (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 202

Tableau 7: Association du comportement qui consiste à prendre un nouveau chemin (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 203

Tableau 8: Association du comportement de « la ligne d'arrêt » (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 204

Tableau 9: Association du comportement qui consiste à aller voir les animaux qu'ils ne connaissent pas (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 205

Tableau 10: Association du comportement de navigation systématique (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 206

Tableau 11: Association du comportement qui consiste à faire concorder le plan avec l'environnement (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia. 207

Tableau 12: Association du comportement qui consiste à avoir une estimation *survey* correct mais pas de représentation *route* (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 208

Tableau 13: Association du comportement qui consiste à consulter le plan bien que le participant sache par où aller (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia..... 209

Annexes 4 : Représentations graphiques des parcours (hypermédias/physiques) de la première expérimentation 210

Annexes 5 : Représentations graphiques des parcours hypermédias de la deuxième expérimentation 234

Introduction

La société actuelle connaît, depuis quelques temps déjà, une multiplication des supports informationnels qui s'accompagne d'une explosion d'informations accessibles. Déjà observée avec l'apparition d'Internet, le phénomène n'a cessé de s'accentuer avec la popularisation des appareils mobiles connectés (smartphones et tablettes). Ces derniers encouragent un besoin informationnel chez l'utilisateur. Pouvoir avoir, à tout moment, au bout du doigt la réponse à la question qui se présente, encourage les besoins et multiplie les recherches d'informations. Déjà bien avant la démocratisation des appareils mobiles connectés, Marchionini (1999) soulignait la transformation de notre société en une société des connaissances, où la production et la transmission d'informations est en constante augmentation.

Cette multiplication des sources informationnelles véhiculées par ces « nouveaux » environnements numériques s'accompagne d'une redondance informationnelle, noyant fréquemment l'individu dans une masse de données dans laquelle il n'est pas toujours évident de localiser l'information recherchée. Ce phénomène contraint l'individu à mobiliser, voire à développer de nouvelles compétences, relevant à la fois de la manipulation de ces nouveaux systèmes et de l'évaluation des différentes sources informationnelles qui s'offrent à lui.

Le développement de compétences adaptées est un enjeu crucial aujourd'hui. Si nous considérons comme Marchionini (1999) ou Pirolli et Card (1999) que la recherche d'information est un besoin primaire de l'individu, nous constatons surtout, dans notre société occidentale actuelle, qu'en tant que consommateur, employé, étudiant, ou encore citoyen, nous sommes contraints presque quotidiennement de rechercher de l'information dans des systèmes spécifiques. Ainsi, depuis quelques années, nous sommes invités à traiter nos achats et leurs paiements auprès de caisses automatiques (au supermarché ou au cinéma, par exemple). En tant qu'étudiant, nous devons consulter le portefeuille de lecture via la plateforme virtuelle, en tant que citoyen, nous sommes encouragés à déclarer nos impôts via une application en ligne. Nous remarquons également une diminution des services au profit du « *do it yourself* » via des applications particulières ou des bornes interactives (à la banque ou à l'aéroport, par exemple). L'individu est donc de plus en plus confronté à ces nouvelles interfaces, dont l'ergonomie varie et qui le contraignent à s'y adapter, voire à développer des compétences spécifiques face à celles-ci.

La recherche d'information dans un environnement numérique est un objet d'étude protéiforme. Nous le verrons, certains chercheurs s'intéressent aux systèmes de recherche d'information, d'autres aux chercheurs d'information et à leurs différentes caractéristiques (p. 17), ou encore aux deux. Il s'agit aussi d'un domaine au croisement de plusieurs disciplines, étudié par les sciences de l'informatique, de la psychologie ou encore de la communication.

Cet objet n'est pas neuf, nous le verrons dans le **chapitre 1** de **la première partie** de cette thèse. Dès les premiers systèmes de recherche d'information (dans les années 60-70) des études ont été menées sur ce sujet. Cette discipline a ensuite connu deux étapes charnières : la première lors de l'arrivée des premiers hypertextes (dans les années 80) et la seconde avec l'arrivée d'Internet (dans les années 2000).

De fait, l'émergence des hypermédias (que nous définirons largement dans **le chapitre 1** de la **première partie**) a donné de nouvelles perspectives à la discipline. L'objet novateur, caractérisé par une structure complexe, segmentant l'information en nœuds reliés par des liens, oblige l'utilisateur à développer des compétences inédites ou plutôt à en « recycler » pour servir les tâches nouvelles auxquelles ces interfaces le contraignent. Ce qui intéresse les chercheurs, c'est de pouvoir identifier quelles habiletés cognitives sont mobilisées lors de tâches de recherche d'information dans un système hypermédia. Pour ce faire, la démarche consiste à évaluer les habiletés cognitives d'utilisateurs grâce à des tests et d'observer celles qui corrèlent avec leur efficacité de navigation. C'est de cette manière, qu'en 1987, Vicente et al.(1987) identifient les habiletés visuo-spatiales (définies dans le **chapitre 1** de la **première partie**) comme les habiletés cognitives les plus saillantes dans ce type de tâche.

Plusieurs recherches se sont intéressées à ce phénomène depuis les années 80 jusqu'à aujourd'hui. Nous présenterons celles-ci dans le **chapitre 2** de la **première partie.** Nous nous sommes, nous aussi, intéressée à cette thématique dans notre recherche doctorale : **la mobilisation d'habiletés visuo-spatiales lors de la recherche d'information dans un environnement hypermédia**. Le contexte de navigation auquel nous nous intéressons relève d'une tâche de recherche d'information contrainte, c'est-à-dire une situation où le besoin d'information n'est pas défini par l'utilisateur lui-même, mais émane de l'extérieur. Dans le cadre de recherches expérimentales, cette tâche provient du chercheur, mais au quotidien, elle survient lors de la finalisation de réservations en ligne (d'hôtel, de parking, par exemple) ou encore, pour la prolongation d'un ouvrage emprunté à la bibliothèque. Il s'agit de tâches de localisation d'une page-cible pour laquelle aucun doute ne survient quant à l'exactitude de la

page trouvée. L'énonciation de la tâche permet un feedback impliquant que l'utilisateur peut évaluer lui-même s'il a localisé la bonne cible ou non.

Notre question (définie au **chapitre 1** de la **deuxième partie**) interroge donc le rôle des habiletés visuo-spatiales dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia. Nous émettons, notamment, comme hypothèse que c'est lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement que les habiletés cognitives spatiales sont mobilisées.

La méthode que nous avons mise en place pour vérifier nos hypothèses (et qui sera présentée dans le **chapitre 2** de la **deuxième partie**) se démarque des recherches antérieures par son approche qualitative. Celle-ci se caractérise par une démarche compréhensive qui s'illustre par la volonté de dépasser l'observation de corrélations entre un test cognitif et l'efficacité de la navigation de l'utilisateur. En effet, peu de recherches ont expliqué le lien observé entre les résultats aux tests d'habiletés visuo-spatiales et la navigation hypermédia. Notre objectif est donc de tenter de comprendre quand et/ou comment ces habiletés cognitives sont mobilisées dans ce type de tâche en essayant de donner du sens aux données récoltées. Pour ce faire, et toujours dans une approche compréhensive, nous voulons dépasser l'observation en laboratoire et observer non seulement les utilisateurs face au système mais également dans un environnement à large échelle. De fait, les tests cognitifs utilisés (p. 40) présentent des tâches de manipulations mentales à petite échelle, où tout l'environnement à considérer se trouve dans le champ de perception de l'individu. Or, que ce soit dans un environnement hypermédia ou dans un environnement physique, ce n'est jamais le cas. L'individu ne peut englober l'entièreté de l'environnement d'un seul point de vue. Il peut uniquement faire « entrer » ou « sortir » de son champ de vision des « parties » de celui-ci. Dans un environnement hypermédia, l'utilisateur ne peut accéder visuellement qu'à un nœud de la structure à la fois et, par conséquent, qu'à une partie de l'environnement. Nous pensons que l'observation des stratégies pour résoudre des tâches de recherche d'information à large échelle présente des possibilités de rapprochement avec la navigation hypermédia que les tests en laboratoire ne permettent pas. Nous voulons donc analyser la réalisation de tâches de recherche d'information dans un environnement physique et hypertextuel, non pas pour comparer les deux environnements mais davantage pour comprendre les comportements dans l'un à travers ceux observés dans l'autre.

Ce choix méthodologique de double terrain est également motivé par une série de recherches ayant montré que les utilisateurs verbalisent leurs interactions avec les interfaces hypermédias dans des termes spatiaux (Collard, 2009; Maglio & Matlock, 1998). Ainsi, il nous semble

intéressant de mettre en exergue la navigation hypermédia avec la navigation physique qui serait le terreau de la conceptualisation de la première.

Cela implique la mise en place d'un dispositif d'expérimentation dont le protocole sera détaillé dans le **chapitre 2** de la **deuxième partie**. Nous y présenterons les environnements sélectionnés, les tâches auxquelles les participants seront soumis, les tests cognitifs utilisés, les participants recrutés, les conditions de passation mais aussi les moyens utilisés pour recueillir nos données ainsi que le type de données récoltées.

Dans la **troisième partie**, nous exposerons les résultats recueillis lors de la première expérimentation. Le **chapitre 1** sera consacré à l'analyse des données. Nous y développerons notre analyse statistique, suivie de notre analyse qualitative. Nous présenterons un schéma conceptuel des stratégies de navigation observées dans chaque environnement pour ensuite définir chacune d'entre elles. Dans le **chapitre 2**, nous interpréterons ces observations en définissant les profils d'utilisateurs qui ont agît selon différents comportements. Nous exposerons les stratégies de navigation hypermédia qui ont tendance à s'associer et celles qui ont tendance à s'exclure. Enfin, nous aborderons les relations que nous avons observées entre les stratégies relevées dans l'environnement physique et celles dans l'environnement hypermédia. Nous discuterons ces premiers résultats et à partir de ceux-ci, nous proposerons deux nouvelles hypothèses.

Celles-ci émanant des résultats quantitatifs et qualitatifs, elles seront présentées dans le **chapitre 1** de la **troisième partie**. Elles supposent, notamment, que l'utilisateur a recours à des stratégies spatiales lorsque ses connaissances sur le domaine présenté dans l'interface et sur lequel porte la tâche de recherche d'information ne lui permettent pas d'avoir une représentation précise de celle-ci. Nous avons donc mis en place un nouveau dispositif d'observation, plus léger, puisqu'il se décline uniquement dans un environnement hypermédia. Ce dispositif sera décrit dans le **chapitre 2**, où nous présenterons l'interface utilisée, les participants recrutés, les tâches imposées ainsi que le test cognitif utilisé. Nous exposerons également la façon dont nous avons recueillis nos données.

Cette seconde expérimentation a été mise en place pour donner de la valeur à la première, pour vérifier des tendances que nous avions observées. Cet objectif a influencé à la fois la conception du dispositif et l'analyse qui en a découlé. A l'inverse de la première expérimentation où nous sommes restée attentive à toutes manifestations intéressantes concernant les processus cognitifs mobilisés dans les tâches de recherche d'information, nous nous sommes focalisée dans celle-

ci sur les indicateurs permettant de vérifier, ou non, nos nouvelles hypothèses. Ici aussi, nous nous sommes attachée à réaliser une analyse qualitative de nos observations, complétée par une analyse quantitative (que nous présenterons dans le **chapitre 2**).

Cette thèse terminera sur une conclusion générale reprenant la démarche que nous avons mise en place et les principaux résultats observés. Nous discuterons ces derniers et nous effectuerons un retour critique sur la méthode. Enfin, nous formulerons de nouvelles questions de recherches et hypothèses qui pourront nourrir des travaux ultérieurs.

PARTIE I

PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE

Le cadre théorique est divisé en deux chapitres. Le premier portera sur la définition des termes qui composent notre thématique de recherche. Nous définirons dans un premier temps la recherche d'information. Ensuite, nous aborderons l'hypermédia. Puis, nous préciserons le concept de navigation hypertextuelle. Enfin, nous aborderons les habiletés visuo-spatiales et les concepts psycho-cognitifs qui y sont associés.

Le deuxième chapitre portera sur une revue de la littérature et présentera les recherches déjà réalisées dans le domaine et à partir desquelles notre thèse s'est élaborée.

Chapitre 1 : Définitions

1. La recherche d'information

En 2005, Brand-Gruwel et al. (2005) affirment que notre société est en train de se transformer en une société d'informations. Pirolli et Card (1999) reprennent Dennett et caractérisent les individus d'*informavore*. L'être humain serait un consommateur d'informations, ce qui impliquerait une adaptation à l'environnement informationnel dans lequel il évolue. Pour Dervin (1992), cette adaptation s'effectue en mettant en place des ponts informationnels qui permettent de combler les discontinuités qui caractérisent le quotidien des individus. La recherche d'information (RI) dans un système de recherche d'information (SRI) serait un moyen (entre autres) de combler ces failles et de créer des ponts informationnels. Bref, nous pouvons avancer que la recherche d'information est aujourd'hui une activité somme toute primaire, à la base des pratiques humaines. Peu importe la situation, l'âge, l'être humain évolue en se posant des questions et en y recherchant des réponses.

Nous allons présenter ici un bref historique de l'évolution qu'a connue la recherche sur la RI. Ensuite, nous nous intéresserons au chercheur d'information, c'est-à-dire à l'individu qui a un besoin d'information et qui va donc entreprendre de le combler. Ensuite, nous nous attacherons à définir la tâche de recherche d'information avant de terminer par la présentation de deux modèles cognitifs mettant en avant le processus mental impliqué dans une tâche de RI.

1.1 Historique

Chiaramella et Muhlem (2007) posent les bases de la recherche d'information (RI) comme « *l'étude de modèles et systèmes d'interaction entre des utilisateurs humains et des corpus de documents numériques, en vue de la satisfaction de leurs besoins d'information*. » (Chiaramella

& Mulhem, 2007, p. 12). Le champ de la RI recouvre en fait deux grands courants ; l'un *system-centered*, avec l'*information retrieval*, et l'autre *user-centered*, avec l'*information searching* ou l'*information seeking* (Boubée & Tricot, 2010). En effet, pendant longtemps, la RI a été étudiée en interrogeant le système et ses capacités à rencontrer les objectifs de l'utilisateur. A cette époque (durant les années 60-70), le « chercheur d'information » et le « bénéficiaire d'information » sont des individus différents. Le « chercheur d'information » est une personne formée à utiliser le système de recherche d'information (SRI) (un bibliothécaire ou un documentaliste, par exemple) et le « bénéficiaire », qui ne l'est pas, s'adresse à cette personne. Les besoins et l'utilisation de l'information par son bénéficiaire sont peu pris en compte. A cette époque, l'approche considère davantage que l'utilisateur du SRI (qui n'est généralement pas le bénéficiaire) doit s'adapter au système (Maurel, 2010). Jusque-là, les SRI sont implicitement envisagés comme des systèmes relativement unitaires et c'est à partir des années 80, avec l'arrivée des hypertextes, que les SRI sont perçus dans la complexité de leur structure (Chiaramella & Mulhem, 2007). Grâce à l'arrivée d'Internet et à l'accessibilité à l'information qui dépasse les experts de la RI, l'approche *user-centered* va réellement émerger (Boubée & Tricot, 2010). Le bénéficiaire d'information est le chercheur d'information. Les pratiques informationnelles commencent à susciter de l'intérêt et l'information est considérée comme « *une construction personnalisée* » (Maurel, 2010, p. 2). C'est également l'époque de l'émergence du courant d'*information problem solving* (dans les années 90) caractérisé par le modèle Big6 de Eisenberg et Berkowitz[1]. Ce modèle, davantage comportemental que cognitif (puisqu'il prescrit des étapes en termes de capacités) définit six compétences à maîtriser pour résoudre un problème informationnel (définition de la tâche, stratégies de recherche d'information, localisation et accès, utilisation de l'information, synthèse et évaluation).

Nous venons de le voir, plusieurs courants, issus de différentes disciplines, s'intéressant tantôt aux systèmes, tantôt à l'utilisateur, tantôt aux deux, avec des approches cognitives ou comportementales, se sont donc succédés et se côtoient encore aujourd'hui. A travers différents facteurs qui caractérisent la RI, pour reprendre Marchionini (1997), nous allons maintenant présenter notre définition de la RI.

[1] http://www.big6.com/

1.2 Le chercheur d'information

Marchionini (1997) voit le chercheur d'information comme un individu motivé par un problème ou un besoin informationnel. Ce besoin va activer une série d'images mentales (*noumena*) et créer des relations entre elles pour former des concepts qui seront articulés comme une tâche. Le chercheur d'information va sans cesse confronter ses résultats de recherche à son besoin, ce qui va faire évoluer ses connaissances et ses représentations à partir desquelles il pourra décider s'il arrête la recherche ou s'il la poursuit. Cette évolution du modèle mental, sans cesse actualisé, rejoint l'idée de schéma de Neisser (1976) ou encore celle de *shape* selon Dillon (2000), nous reviendrons sur ces concepts (p.50).

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux différences individuelles des utilisateurs (Egan, 1988; Vicente et al., 1987). Les habiletés visuo-spatiales ont largement été étudiées (p.66), mais l'expertise est également un facteur important et fréquemment questionné.

Boubée et Tricot (2010) différencient trois types d'expertises : l'expertise de la RI, l'expertise du système et l'expertise du domaine. Nous l'avons évoqué plus haut, avant l'arrivée d'Internet une dichotomie importante caractérisait les individus ; les experts en RI (qui étaient en fait des professionnels) et les novices. Ainsi, Dillon et Song (1997) observaient que des experts en recherche d'information (des bibliothécaires et des étudiants d'une école en sciences bibliothécaires et de l'information), étaient plus efficaces dans la RI au sein d'interfaces particulières, que les novices. Aujourd'hui, il est vrai que la fracture entre ceux qui ont accès à la RI et ceux qui n'y ont pas accès, s'estompe de plus en plus. Avec l'arrivée d'Internet, chacun peut chercher l'information dont il a besoin. Néanmoins, si chacun peut chercher de l'information, prétendre que tous les individus en sont capables de façon semblable est inexact. Des différences persistent quant à l'efficacité et la qualité de la RI.

L'expertise du système est quant à elle toujours étudiée en comparant des individus peu familiarisés avec une interface (les novices) et des individus l'ayant davantage expérimentée (les experts). Ford et Chen (2000) mettent en évidence plusieurs corrélations avec l'expertise du système. Par exemple, ils ont observé que les individus avec une grande expertise du système prenaient moins de temps pour réaliser les tâches et apprenaient plus rapidement à partir de l'interface par rapport aux individus ayant moins d'expertise du système (les novices).

Torkzadeh et Van Dyke (2002) mobilisent le concept de *self-efficacy* (c'est-à-dire, le sentiment d'être efficace face à une tâche) et mettent en évidence que les individus qui ont le plus

d'expertise du système, à savoir la plus longue expérience de celui-ci, pensent être plus efficaces que les novices. Lazonder et al. (2000) ont observé que les experts du système pouvaient localiser le site web qui répond à une recherche d'information plus rapidement. Néanmoins, aucun résultat significatif n'a pu être observé entre novices et experts sur le temps nécessaire pour retrouver l'information recherchée au sein des pages du site (une fois que le site a été trouvé).

Boubée et Tricot (2010) définissent l'expertise du domaine comme « *les connaissances dont dispose le chercheur d'information sur le thème de la recherche* » (Boubée & Tricot, 2010, p. 40). On parlera également de connaissances antérieures. Downing et al. (2005) révèlent un effet significatif des connaissances antérieures sur le temps de recherche. McDonald et Stevenson (1998a) ont observé que les sujets avec des connaissances antérieures étaient plus performants dans le cadre d'une navigation avec un outil de type table des matières. Par contre, dans une interface avec un plan comme aide à la navigation, experts et novices du domaine étaient performants de façon équivalente.

Nous ajoutons que le chercheur d'information se caractérise également par ses habiletés de compréhension du discours, puisque comme Dillon (2000) l'a défini, la navigation dans un SRI se caractérise par une double tâche : matérielle et sémantique. Le pendant sémantique de la tâche sera donc grandement influencé par les capacités de compréhension du discours de l'utilisateur, nous reviendrons sur ce concept de double tâche ultérieurement (p. 139).

1.3 La tâche de recherche d'information

Dinet (2003) avance que la recherche d'information n'est pas un but en soi, mais une activité « *secondaire* » au service d'une activité « *primordiale* » (Dinet, 2003, p. 164). Cette activité primordiale peut relever de l'apprentissage ou du divertissement, par exemple.

Tricot (1993) spécifie la tâche de recherche d'information selon deux critères:

		Représentation mentale du but	
		Précise	Floue
Localisation de la cible	Unique et localisée	Extraire	Explorer
	Multiple et diffuse	Collecter	Butiner

Figure 1:Quatre tâches de recherche d'information (Tricot, 1993) in (Boubée & Tricot, 2010, p. 33)

Cette modélisation de la tâche de recherche d'information est très intéressante car elle intègre à la fois, les spécificités de la tâche et la représentation que l'individu s'en fait. A partir de là,

quatre stratégies peuvent être sollicitées ; l'extraction (une cible est identifiée et choisie), la collecte (plusieurs cibles sont identifiées et récoltées), l'exploration (souvent appelée *Browsing* (Campagnoni & Ehrlich, 1989), relève du scan d'informations) et enfin le butinage (qui consiste à explorer différentes pages afin d'en retirer le plus d'informations pertinentes).

Marchionini (1997) envisage la tâche de RI comme la manifestation d'un problème qui amène à une action. Ce problème articule une question avec les potentialités d'un système afin de générer un résultat. La complexité de la tâche de RI est caractérisée par le but de la RI ou les réponses attendues.

1.4 Modélisations cognitives de la recherche d'information

1.4.1 Le modèle de Guthrie

Guthrie (1988) propose un modèle qui présente le processus cognitif en jeu lors de la localisation d'information dans un document. Ce modèle est constitué de cinq composantes : *goal formation, category selection, information extraction, integration,* et *recycling*.

La première étape consiste à former un but : l'individu doit être capable de formuler verbalement son objectif en termes d'information à trouver dans un document (*goal formation*). Ensuite, il doit sélectionner la catégorie d'information qui sera potentiellement pertinente à la réalisation de sa tâche (*category selection*). Cette sélection se fait par rapport à la structure du document, il va pouvoir, de cette manière, déterminer par exemple un nœud ou un groupe de nœuds à consulter prioritairement. Après avoir sélectionné une catégorie pertinente, le sujet va en extraire l'information susceptible de répondre à la question posée (*information extraction*). Si la catégorie d'information sélectionnée n'est pas pertinente, le processus recommence à la première étape. Une fois qu'une catégorie d'information pertinente a été sélectionnée, l'individu extrait l'information qui répond à son objectif, elle est intégrée aux informations précédemment recueillies (*integration*). Enfin, le recyclage (*recycling*) implique que le sujet va repasser par les étapes précédentes jusqu'à ce que le but formé soit rencontré (Figure 2).

La limite de ce modèle consiste principalement dans le fait que le processus de recherche ne permet pas de se réajuster au cours de celui-ci. D'après le modèle, par exemple, si la catégorie d'information sélectionnée ne contient pas d'information pertinente par rapport à l'objectif, le processus recommence depuis le début, alors qu'un ajustement au niveau de la sélection de la catégorie d'information sélectionnée pourrait être suffisant. C'est donc l'aspect linéaire du modèle qui est pointé ici et qui dessert ce dernier.

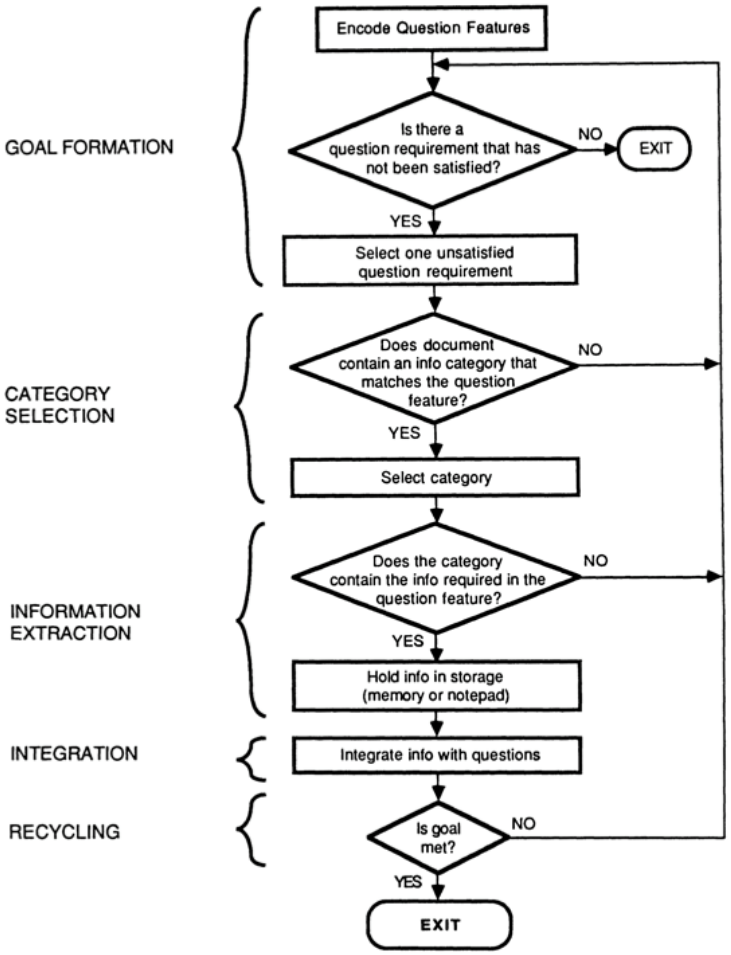


Figure 2:Process model of locating information in documents (Guthrie, 1988, p. 183)

1.4.2 Le modèle EST de Rouet et Tricot

Le modèle *Evaluation-Sélection-Traitement* (EST) de Rouet et Tricot (1998) prend ses bases dans la théorie du « *modèle de situation* » élaborée par Kintsh pour rendre compte du processus de compréhension de texte. Ce modèle s'articule autour de trois processus : le codage du contenu textuel, la condensation de celui-ci et son intégration aux connaissances antérieures. A partir de ce modèle, Tricot et Rouet distinguent trois processus de base à la RI qui fonctionnent de manière cyclique : l'évaluation, la sélection et le traitement (Figure 3, p. 24).

L'évaluation comporte trois composantes. D'abord, l'identification, qui revient à reconnaître le besoin d'information, pour reprendre Dervin (1992), c'est-à-dire, identifier « *les informations requises par la tâche* » (Rouet & Tricot, 1998, p. 4). Ensuite, le sujet doit comparer les informations dont il dispose avec sa représentation de la tâche. En bref, il doit évaluer s'il doit effectivement engager une recherche dans un système où s'il a (en mémoire, par exemple) les informations nécessaires à la tâche. Enfin, le sujet élabore des critères qui guideront la recherche. Il y a deux types de critères ; les critères *déclaratifs* (relatifs à l'information à

chercher, par exemple, très précise, ou plus floue) et les critères *procéduraux* (relatifs à la sélection d'information). Les critères procéduraux dépendent des connaissances de l'individu au sujet de l'environnement et de ses contraintes mais également de celles liées à la tâche (le temps imparti, par exemple).

La sélection est la seconde étape et consiste à choisir l'information. Le processus de sélection va prendre en compte les critères déclaratifs et procéduraux et calculer une valeur d'intérêt pour chaque catégorie d'information. Ce processus de sélection peut être « *exhaustif* » (lorsque toutes les catégories d'information sont consultées) ou « *auto-terminatif* » (lorsqu'une catégorie dépasse une certaine valeur d'intérêt et qu'une décision est prise). Cette étape est particulièrement couteuse cognitivement car elle nécessite de composer avec la représentation mentale du but, la représentation des informations déjà consultées et la représentation des informations disponibles à l'instant *t.*(Rouet & Tricot, 1998). Le traitement dépend du but que le sujet s'est construit durant la phase d'évaluation. Durant le traitement, l'utilisateur construit une représentation de la catégorie d'information traitée afin d'évaluer si cette unité contribue à la réalisation du but qu'il s'est fixé. Si c'est le cas, l'information est intégrée à la construction de la réponse. Si la contribution n'est que partielle, l'utilisateur devra faire une sélection en cours de traitement. Si l'unité traitée s'avère inutile au but, le sujet peut mettre fin au traitement.

A la fin de chaque cycle sélection-traitement, le sujet doit à nouveau évaluer si l'information acquise remplit les objectifs du but qu'il s'est construit. Si c'est le cas, la recherche peut cesser. Si l'information n'est que partielle, un nouveau cycle est lancé, ajusté à l'état actuel du niveau de réalisation de la tâche. Enfin, si l'information trouvée ne correspond en rien au but construit, la tâche doit être réévaluée et un nouveau cycle commencera. Le processus d'évaluation nécessite donc d'avoir une représentation du but en mémoire, tout en la faisant évoluer en fonction des résultats à chaque étape de la recherche (Rouet & Tricot, 1998). Mais garder cette représentation en mémoire peut amener une charge cognitive (p. 39). Pour faire face à cela, les auteurs proposent un second niveau à leur modèle, celui de la « gestion cognitive ». Ce niveau comprend trois mécanismes. La planification (c'est-à-dire « *déterminer les moyens qui permettent d'atteindre l'information utile* » (Rouet & Tricot, 1998, p. 11)), le contrôle (qui consiste à « *vérifier que le nouvel état du système est compatible avec la structure du but* » (Rouet & Tricot, 1998, p. 12)), et enfin, la régulation (qui revient à « *modifier le décours de l'activité afin d'améliorer le résultat.* » (Rouet & Tricot, 1998, p. 13)).

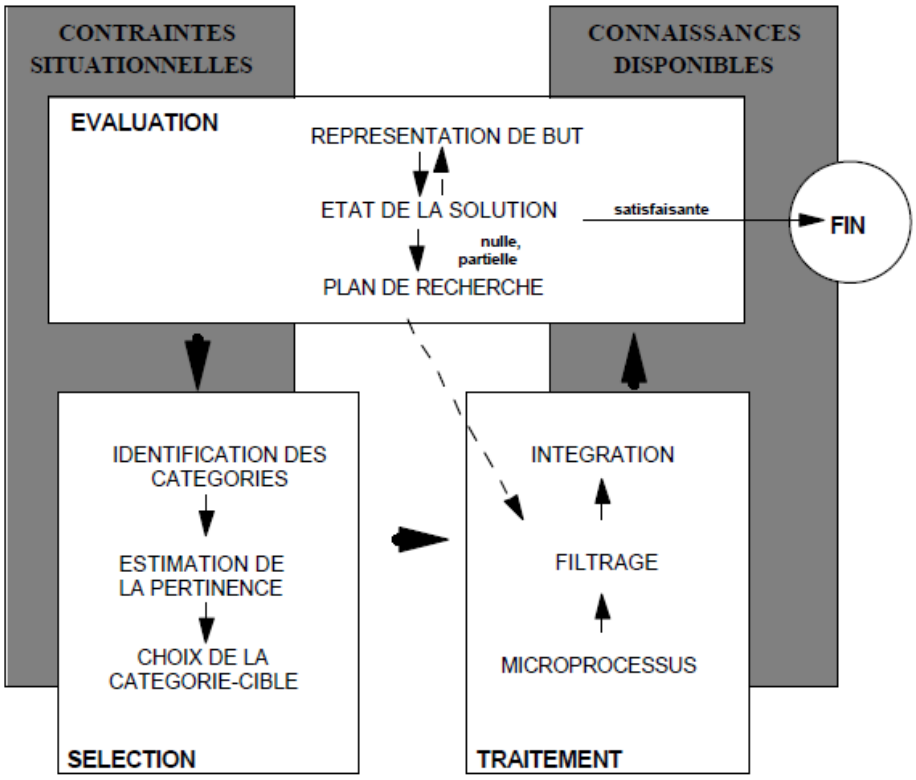


Figure 3:Modèle Evaluation-Sélection-Traitement (Rouet & Tricot, 1998, p. 10)

1.5 Synthèse

La recherche d'information s'est pendant longtemps intéressée aux SRI. Notre recherche se focalise exclusivement sur le « *chercheur d'information* » et s'inscrit complètement dans une approche *user-centered*. Les systèmes d'information qui sont mobilisés dans notre démarche expérimentale sont des environnements hypermédias dont les caractéristiques ont été prises en compte mais dont le système lui-même n'est pas questionné. Le chercheur d'information que nous avons observé se caractérise par ses différences individuelles en termes d'habiletés visuo-spatiales, d'habiletés de compréhension du discours, et par ses connaissances antérieures. Les tâches de recherche d'information que nous avons mises en place sont des tâches de localisation de cibles uniques et localisées (Rouet & Tricot, 1998) (p. 20). Aucune inférence n'est nécessaire pour répondre aux questions que nous avons posées aux participants, la question spécifie très clairement la réponse à trouver, ne laissant aucune ambiguïté lorsque le sujet localise celle-ci.

Nous allons à présent nous intéresser au système hypermédia et aux caractéristiques qui définissent ce type de support.

2. L'hypermédia

Pour bien comprendre ce que nous entendons par « environnement hypermédia », nous devons définir ce que nous concevons par hypermédia, mais également par hypertexte ou encore hyperdocument. Nous commencerons en remontant aux origines de l'hypertexte. Nous aborderons ensuite l'hypermédia d'un point de vue contemporain. Enfin, nous définirons ce que nous entendons par hypermédia, hypertexte, hyperdocument et environnement hypermédia.

2.1 Origines du terme

En 1939, Vannevar Bush est président d'une association de recherche internationale (The Office of Scientific Research and development). Pour collaborer avec ses collègues étrangers, il est contraint d'imprimer un grand nombre de documents et de les envoyer. Il prend conscience des difficultés et des limites techniques qui entravent la collaboration scientifique internationale. Il imagine un dispositif pouvant pallier ces contraintes, qu'il nomme *memex* et publie son invention théorique (puisqu'elle ne sera jamais créée) dans *The Atlantic Monthly*[2] en 1945, dans un article qu'il intitule « *As we may think*» (Duffy, 2000). Il définit le *memex* comme suit: « *A memex is a device in which an individual stores all his books, records, and communications, and which is mechanized so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility. It is an enlarged intimate supplement to his memory*. » (Bush, 1979).

Bush imagine donc un dispositif qui permettrait de stocker et d'accéder facilement à des données de natures diverses. Il envisage ce système comme un prolongement de la mémoire. Bush vient en réalité de publier les prémices de l'hypermédia ; une interface stockant des informations de nature multimédia, à laquelle il est possible d'accéder aisément (Nelson, 1965).

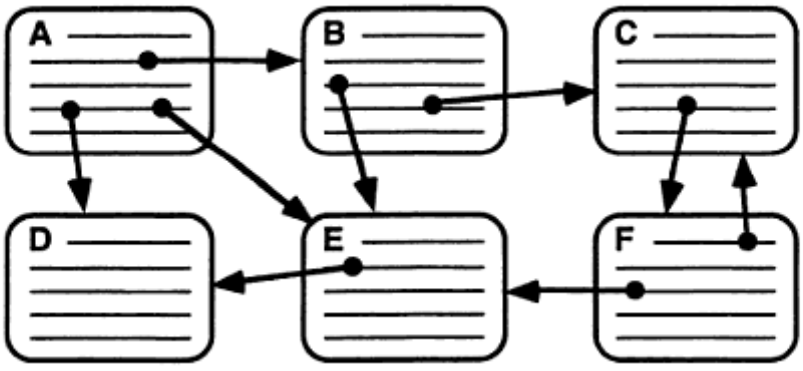


Figure 4:Simplified view of a small hypertext structure having six nodes and nine links (Nelson, 1965, p. 1)

[2] http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/

Mais ce n'est que lorsque les capacités techniques des ordinateurs ont permis un stockage de données important, puis grâce au développement des CD-Rom que l'hypertexte est devenu populaire et qu'il a incarné des applications qui ont dépassé le stade expérimental pour devenir utiles (Borgman & Henstell, 1989). Nelson va revoir sa définition et la complexifier au fil des années en ajoutant à la notion de fragment, celle de liens qui relient les différentes composantes pour enfin définir l'hypermédia comme suit : *« complexes of branching and responding graphics, movie and sound – as well as text…* » (Nelson, 1993 *in* (Anis, 1999, p. 3)). L'hypertexte est donc défini comme un contenu purement textuel fragmenté et relié par des liens et l'hypermédia comme une structure identique mais dont le contenu est hybride (images, son, vidéo).

Tricot (1993) propose une définition intéressante qui présente le concept d'hypermédia d'un point de vue structurel mais également du point de vue de l'utilisateur en incluant des caractéristiques de l'apparence de l'interface.

« *Un hypermédia est un (grand) ensemble de données multi-média, généralement facile d'accès, et structuré en réseau : un ensemble de nœuds connectés par des liens. Chaque lien part d'un ancrage (mot, zone d'écran, icône) dans le nœud d'origine, cet ancrage étant manifesté par un bouton (mot en gras, surligné, partie encadrée, icône). Ce type de système constitue un ensemble de configurations virtuelles : chaque utilisateur choisit son trajet parmi les données. Les avantages "reconnus" de la non-linéarité sont la multiplicité des accès, la liberté de choix, l'adaptation à des "styles de navigation" différents.* » (Tricot, 1993, p. 116)

Ainsi, la notion d'hypermédia a succédé à celle d'hypertexte, mais les définitions sont semblables, si ce n'est de par le contenu qui est dans l'un, uniquement textuel et dans l'autre, multimédia. Nous retenons à ce stade, trois caractéristiques des hypermédias : (1) la non-linéarité, (2) des nœuds informationnels reliés par des liens, et (3) la liberté de parcours de l'utilisateur.

2.2 L'hypermédia aujourd'hui

L'hypertexte, l'hypermédia sont des concepts de moins en moins populaires dans la littérature scientifique, tout du moins francophone. Il est vrai que le format n'a plus rien de neuf, puisque ses origines remontent aux années 70. Pourtant, l'hypermédia est un concept actuel, ancré dans notre quotidien.

Dans les années 70, Nelson parlait notamment d'*hyperfilm*, comme d'un film navigable (Wardrip-Fruin, 2004). Aujourd'hui, c'est le concept de « webdocumentaire » qui est populaire. Les bornes interactives, que ce soit les distributeurs d'argent, ou caisses automatiques au supermarché, par exemple, nous confrontent à des hypermédias auxquels notre esprit est capable de s'adapter plus ou moins rapidement suivant l'ergonomie de l'interface.

Enfin, le Web est évidemment un énorme hypermédia dont les liens nous permettent d'accéder à une quantité indénombrable de nœuds. Dans chaque adresse url, l'acronyme http[3] nous rappelle que nous naviguons effectivement à travers des hypertextes.

2.3 Hypermédia, hypertexte, … notre définition

Fastrez (2002) différencie hypertexte, hypermédia et hyperdocument. Il définit le premier comme un « *principe d'organisation* », le second, comme « *un moyen d'expression* » et enfin, le dernier comme *« un objet particulier, organisé par le dit principe et recourant audit médium* ». Cette distinction est très intéressante puisqu'elle intègre les concepts dans un même objet (Fastrez, 2002, p. 36).

Nous n'envisageons pas l'hypermédia ou l'hypertexte comme un objet en soi, mais davantage comme un attribut qualifiant un objet. Hypermédia, hypertexte font tous deux référence à un type de structure, d'agencement propre à une interface électronique. L'information est présentée sur un écran et fragmentée en nœuds reliés par des hyperliens. Ce système organisationnel permet un usage non définit a priori, laissant à l'utilisateur le choix de l'ordre de consultation des pages. Ce type d'interface peut aussi bien s'actualiser sous la forme d'un site internet, que d'une application de travail hors ligne ou encore, d'un système de programmation d'un électroménager, par exemple.

Il faut donc comprendre que ces termes font référence à un système d'organisation de l'information particulier, dont le contenu informationnel peut être hybride (multimédia) ou présenter des données purement textuelles.

Toutefois, lorsque nous parlerons de notre objet d'étude, pour éviter les formules trop lourdes et répétitives, nous emploierons de façon indifférenciée les termes « hypertexte », « hypermédia » tout comme « hyperdocument » ou système/interface/ environnement hypermédia ou hypertextuel(elle).

[3] Hypertext transfert protocol

3. La navigation hypertextuelle

Si nous reprenons la définition de Tricot (1993), l'hypermédia est un ensemble de données multimédia. Chaque jour, nous allumons notre ordinateur et nous accédons à des données de ce type. Nous recherchons, classons des documents, des morceaux de musique, nous ouvrons des fenêtres, suivons des hyperliens, nous travaillons avec plusieurs documents à la fois, parfois sur plusieurs écrans, etc. Ces usages relèvent de la gestion de documents multiples. Rouet et al. (1997) et Stadter et Bromme (2007) ont montré que traiter plusieurs documents nécessitait un processus cognitif particulier impliquant la construction de plusieurs représentations mentales, nous permettant de passer d'un document à l'autre, d'une page à une autre, d'une tâche à la suivante. A chaque fois que nous allumons notre ordinateur, c'est ce que nous faisons. Nous passons d'une fenêtre ou d'une page à l'autre, d'un nœud à un autre. Cette interaction est communément appelée « navigation ».

La métaphore de la navigation est couramment employée pour définir l'interaction d'un utilisateur avec une interface hypermédia. D'une part, la communauté de chercheurs s'entend pour parler de navigation et d'autre part, les utilisateurs verbalisent spontanément leurs expériences hypermédias en ces termes (Maglio & Matlock, 1998), nous y reviendrons. La navigation représente l'interaction d'un utilisateur avec une interface. C'est-à-dire, les pages qu'il décide de consulter et l'ordre qui caractérise cette consultation. Cove et Walsh distinguent trois types de navigation : (1) la navigation de recherche, dirigée par la recherche d'un but connu, (2) la navigation à des fins générales, qui revient à consulter des informations dont la probabilité d'intérêt est élevée et enfin (3) la sérendipité, une navigation guidée par le hasard (Cove et Walsh *in* (Catledge & Pitkow, 1995). La navigation hypermédia est définie par Dillon (2000) comme une double tâche : spatiale et sémantique. En effet, les individus, face à une interface hypermédia doivent à la fois traiter les informations propres à l'organisation des pages qui constituent le document ainsi que les informations propres au contenu informationnel qui y est présenté. Si Dillon (2000) envisage davantage l'aspect macrotypographique, comme composante spatiale (c'est-à-dire la spatialité de la « mise en écran » de l'information), nous envisageons également la spatialisation de la structure qui organise ces différentes pages, c'est-à-dire l'architecture de l'interface.

Nous commencerons par aborder les aspects spatiaux de la navigation puis, les aspects sémantiques. Ensuite, nous aborderons les comportements, les routines incarnées dans le processus de navigation. Nous verrons ensuite comment celle-ci peut être entravée par des problèmes de désorientation. Nous aborderons les dispositions que prennent les concepteurs

afin d'éviter ce genre d'inconvénient. Enfin, nous nous intéresserons à l'évaluation de la navigation.

3.1 La navigation spatiale

3.1.1 La métaphore spatiale

Au-delà de la mobilisation des habiletés visuo-spatiales, les utilisateurs conceptualisent leurs interactions en termes spatiaux. Maglio et Matlock (1998) ont mis en avant la manière dont les individus pensent leur expérience dans les hypertextes. Ils ont observé que les utilisateurs se réfèrent au Web comme à un « paysage multidimensionnel » et y chercher une information consiste à parcourir des routes interconnectées à des lieux où se trouvent des objets d'information. Certains de ces objets sont bidimensionnels et sont envisagés à la façon d'une figure plane (j'ai vu ça « sur » Wikipédia), d'autres, tridimensionnels, sont pensés comme un objet dans lequel d'autres objets s'organisent (je l'ai trouvé « dans » Google). Ainsi, l'analyse des discours des individus ayant expérimenté un hypertexte (qu'ils soient débutants ou initiés) a souligné le fait qu'ils parlent de leur expérience comme s'ils avaient bougé de lieux en lieux, alors qu'ils sont restés assis devant un écran. Tous utilisent un langage métaphorique avec un grand nombre de verbes qui se réfèrent aux mouvements physiques.

3.1.1.1 La métaphore de Lakoff et Johnson

Lorsque nous parlons de métaphore, nous l'envisageons sous l'angle de Lakoff et Johnson (1985), c'est-à-dire, un outil cognitif qui permet la compréhension d'un concept abstrait dans les termes d'un autre plus concret. Il ne s'agit pas ici d'employer un mot pour un autre, comme dans la figure de style, mais davantage de mobiliser un concept pour en comprendre un autre. Ce processus cognitif «*permet de comprendre quelque chose (et d'en faire l'expérience) en termes de quelque chose d'autre*» (Lakoff & Johnson, 1985, p. 15). Cette opération mentale est inconsciente et nous y avons recours quotidiennement pour concevoir et exprimer les choses. La métaphore conceptuelle fonctionne en projetant les propriétés et les relations d'un domaine source, qui nous est familier, sur un domaine cible, relativement abstrait (Lakoff, 1990). Cette projection métaphorique va remplacer les éléments d'une structure image-schématique d'un domaine source par les éléments d'une structure image-schématique du domaine-cible. Une image-schéma est une structure récurrente simple, émergeant de nos expériences sensori-motrices, et qui établit des modèles de compréhension et de raisonnement. Elle n'est pas statique, puisqu'elle s'adapte aux contextes et se connecte de façon dynamique avec d'autres images-schémas (Gibbs Jr. & Colston, 1995). Ces images-schémas participent à la compréhension de domaines abstraits sur lesquels nous n'avons pas d'appréhension directe. Les

relations structurelles propres au domaine source sont conservées et projetées sur le domaine cible. Mais cette projection est partielle puisque ce ne sont que les éléments pertinents à la compréhension du domaine-cible qui sont projetés (Lakoff & Johnson, 1985).

L'utilisation de la métaphore conceptuelle permet aux utilisateurs de raccrocher leurs expériences hypertextuelles (relativement abstraite) au concept de navigation qui est l'une des bases de l'expérience humaine. Les individus utilisent des verbes qui se réfèrent aux mouvements physiques pour décrire notamment leurs usages dans le Web, notamment, la façon dont ils localisent une information (Maglio & Matlock, 1998).

3.1.1.2 Le modèle de Collard et Fastrez

Collard et Fastrez (2009) définissent différents types de métaphores permettant à l'utilisateur de structurer sa compréhension des éléments de base du système hypertextuel et des actions qu'il peut y entreprendre. Celles-ci sont organisées en niveaux où chacun spécifie celui qui le précède. La métaphore « primaire » occupe le premier niveau et se décline sous deux métaphores. La première est LA MÉTAPHORE DE L'INTERACTION AVEC UN HYPERDOCUMENT EST UN MOUVEMENT DANS L'ESPACE. Dans cette métaphore, LES NŒUDS ou LES GROUPES DE NŒUDS SONT DES SURFACES OU DES CONTENANTS et LES LIENS QUI CONNECTENT CES NŒUDS SONT DES CHEMINS. L'action de cliquer sur un lien pour accéder à un nœud revient à un mouvement le long d'un chemin. C'est dans ce cas que l'incapacité de l'utilisateur à accéder à un nœud recherché est décrite en termes de *désorientation*. La deuxième métaphore est L'HYPERMÉDIA EST UN ESPACE ET L'INTERACTION AVEC L'HYPERDOCUMENT EST UNE MANIPULATION D'OBJETS. Dans ce cas, les nœuds, les liens et l'interface elle-même sont des contenants.

Le deuxième niveau est celui de la métaphore « générique ». Elle prend pour concept cible le produit de la métaphore primaire. Cette métaphore se traduit lorsque l'on demande à un utilisateur de compléter cette phrase : « *Pour toi, un site Web, c'est…* ». Collard (2009) a réalisé cette expérience. Parmi les expressions recueillies, la moitié, par exemple, faisait référence à un document papier (un livre, un magazine,… ce qui spécifie la métaphore primaire LES NŒUDS OU LES GROUPES DE NŒUDS SONT DES SURFACES). Ainsi, métaphores primaires et génériques représentent la façon dont l'utilisateur pense l'hypermédia quelles que soient les spécificités du système dans lequel il navigue.

Le dernier type de métaphore est la métaphore « spécifique », relative à la façon dont certaines interfaces sont spécifiquement construites. En effet, les concepteurs conscients du rôle des ressources cognitives spatiales et de la façon dont les individus conceptualisent leurs

expériences, proposent fréquemment des interfaces construites sur des métaphores spatiales, comme une bibliothèque ou une maison par exemple, afin d'y faciliter la navigation. Nous y reviendrons dans la section des aides à la navigation (p. 33).

3.2 La navigation sémantique

Si les informations relatives à la structure de l'interface impliquent un traitement cognitif spatial, le contenu informationnel présenté implique la mobilisation d'un traitement sémantique.

En effet, l'individu doit être capable de comprendre le contenu informationnel qui lui est présenté. Il doit pouvoir s'en construire une représentation cohérente. Cela implique de mobiliser des habiletés de compréhension du discours.

L'expertise du domaine, c'est-à-dire les connaissances antérieures que l'individu possède sur le contenu sémantique présenté, va également influencer la navigation.

Amadieu et al.(2009) ont voulu comprendre l'effet des connaissances antérieures dans l'apprentissage à partir d'un hypermédia. Pour cela, ils ont comparé la navigation dans deux hypermédias au contenu identique, l'un hiérarchique et l'autre en réseau. Ils ont a priori évalué les connaissances antérieures des participants sur le contenu présenté et a postériori, la façon dont ils ont pu intégrer les informations présentées dans l'interface. Ils ont observé que les experts du domaine intégraient davantage le contenu après une navigation dans l'interface en réseau alors que pour les non-experts, l'interface hiérarchique favorisait le rappel des concepts présentés.

Downing et al. (2005) ont observé que les connaissances antérieures sur le contenu présenté dans une interface hypermédia influencent favorablement la rapidité de recherche d'information ainsi que le nombre d'items trouvés. Dans cette recherche, les auteurs mettent en exergue deux variables, l'expertise du domaine et les habiletés visuo-spatiales (HVS). Leurs résultats montrent que les habiletés visuo-spatiales ont un effet plus important sur les individus avec de faibles connaissances antérieures sur le sujet, alors que les individus avec de faibles HVS et experts du domaine, restent plus performants que les individus avec de hautes HVS. Cela nous amène à penser que lorsque l'expertise du domaine est suffisante, les individus utilisent moins les indices spatiaux et naviguent donc moins spatialement dans l'interface (puisque même les individus avec de faibles HVS sont toujours plus performants) et mettent davantage en place une navigation sémantique. En d'autres mots, si nous reprenons la conceptualisation de Dillon (2000), dans le contexte de recherche présenté par Downing et al.

(2005), la tâche de navigation serait spatiale et sémantique, mais pas de façon équivalente. La capacité à réaliser l'aspect sémantique de la tâche (grâce à l'expertise du domaine) pourrait pallier le déficit de ressources cognitives spatiales pour réaliser la tâche.

Les connaissances antérieures permettraient donc une meilleure compréhension et donc un meilleur rappel d'un contenu sémantique organisé en réseau (Amadieu et al., 2009). Elles pourraient potentiellement pallier un déficit d'HVS (Downing et al., 2005).

3.3 Les routines

Les routines de navigation sont des comportements itératifs ; l'utilisateur va retourner plusieurs fois sur une même page. On parle de boucle ou de page revisitée. Ces comportements sont extrêmement fréquents. En effet, tous les utilisateurs ont une petite collection de sites ou de pages qu'ils revisitent fréquemment. Herder et Juvina (2004) parlent de *navigational hubs* pour caractériser une page qui sert comme point de repère à l'utilisateur. C'est une page à laquelle il accède prioritairement et sur laquelle il revient même si ce n'est pas la stratégie la plus rapide. Tauscher et Greenbergerg (1997) avancent que cette stratégie permet de réduire la charge cognitive (p.39). En effet, d'après eux, les routines permettent à l'utilisateur d'accéder facilement à une masse informationnelle via une page qu'il connaît déjà. De plus, les routines mobilisent les fonctionnalités de la machine afin de diminuer les ressources cognitives. Ainsi, l'utilisation du bouton « back », par exemple, permet d'accéder à la page que l'on vient de visiter sans devoir passer par des pages intermédiaires. Il s'agit donc de consulter une page déjà visitée à moindre effort.

Maglio et Barrett (1997) ont observé la navigation de sept sujets. Le lendemain, ils ont revu les participants et leur ont demandé de leur expliquer leur navigation de la veille. Leurs observations soulignent que les routines, ces schémas de navigation, structurent les représentations mentales qu'ils ont de leur expérience. Lorsqu'ils ont demandé aux participants de leur expliquer ce qu'ils avaient fait la vieille, ceux-ci relataient des routines que, quelques fois, ils n'avaient pas mobilisées. Les routines structurent donc la conceptualisation de leur propre expérience. Celles-ci sont constituées de points de repères saillants, et de liens entre eux qui forment un schéma de navigation.

Les routines sont donc extrêmement importantes puisqu'elles permettent à l'utilisateur de conceptualiser sa navigation. Chaque individu fonctionne avec un schéma composé de quelques pages saillantes (*navigational hubs*) qu'il va revisiter et auquel il va intégrer de nouvelles pages qu'il revisitera par la suite.

3.4 La désorientation

Nous venons de l'aborder, la navigation hypertextuelle se caractérise par une double tâche (Dillon, 2000). La charge cognitive qu'entraîne cette double tâche peut engendrer un problème majeur : la désorientation. Vörös et al. (2008) définissent trois types de désorientation : ne pas savoir localiser l'item recherché (ne pas savoir où aller), connaître la position de l'item mais ne pas savoir comment y accéder (ne pas savoir comment y aller), ne pas connaître la localisation de la page consultée dans le document (ne pas savoir où on est).

Ahuja et Webster (2001) reprennent McDonald et Stevenson (1998a) et définissent la désorientation comme la tendance à perdre le sens de la localisation et de la direction dans un site web. Ils ajoutent que les utilisateurs désorientés ont tendance à être frustrés, à se désintéresser et à travailler moins efficacement.

A partir de définitions de désorientation, Fastrez (2002) propose de définir l'orientation selon cinq capacités :

1. *Identification de la position du nœud actuel dans la structure d'ensemble (où suis-je ?).*
2. *Reconstruction du parcours qui a mené à ce nœud (Comment suis-je arrivé là ?).*
3. *Discernement des choix possibles à partir de ce nœud (Où puis-je aller ?).*
4. *Choix d'une destination à partir du nœud actuel (où ai-je l'intention de me rendre d'ici ?*
5. *Génération d'un chemin vers un nœud dont on sait qu'il existe (Comment puis-je m'y rendre).*

(Fastrez, 2002, p. 51)

La désorientation provient donc de la multiplicité des tâches à traiter cognitivement qui peut provoquer une surcharge cognitive. Elle a pour conséquence que l'utilisateur ne trouve pas la page qu'il recherche. Les concepteurs tentent de prévenir cette désorientation grâce à des aides à la navigation.

3.5 Les aides à la navigation

Les propriétés structurelles de l'interface vont largement influencer la navigation. La convivialité de l'interface étant un élément majeur pour les concepteurs, ces derniers optent pour des particularités structurelles dont l'objectif est d'y faciliter la navigation et d'éviter la désorientation. Nous allons ici nous intéresser particulièrement à deux types d'aides à la navigation : la carte et l'utilisation de la métaphore spatiale. Nous sommes consciente qu'il ne

s'agit pas là des deux seules dispositions d'aide à la navigation. Le *breadcrumb*, par exemple, permet à l'utilisateur de visualiser sa position au sein de la structure du site (Blustein et al., 2008). Ce dernier a peu été étudié dans le contexte de la recherche d'information ou des effets des HVS. Nous allons donc présenter ici les deux dispositions les plus étudiées dans le contexte qui nous intéresse. Nous aborderons dans un premier temps la carte puis nous évoquerons l'utilisation de la métaphore comme aide à la navigation.

3.5.1 La carte

La carte d'une interface est une propriété qui permet à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble du dispositif. Elle peut se présenter sous forme d'index ou de tables des matières, par exemple. Dans la plupart des situations réelles (c'est-à-dire hors dispositif d'expérimentation), ces représentations graphiques sont cliquables.

La carte ou le plan de l'interface proposent une représentation graphique, topologique de la structure d'un hyperdocument. Vörös *et al* (2008) ont mis en évidence que l'interaction avec un dispositif muni d'une carte permettait à l'utilisateur de redessiner plus facilement la structure de l'interface après y avoir navigué, ce qui ne veut pas dire que la carte permet une navigation plus efficace, mais simplement que l'utilisateur est davantage capable de restituer l'organisation de l'hypermédia.

Nilsson et Mayer (2002) nuancent l'intérêt de la carte. Ils ont observé que celle-ci peut se présenter comme un avantage mais que ce dernier a toujours un coût. Dans le cadre de tâches de recherche d'information, les individus qui naviguent avec une carte sont dans un premier temps, plus rapides que ceux sans carte. Mais au fil des tâches, c'est l'effet inverse qui s'observe. En effet, les utilisateurs sans carte se familiarisent de façon plus libre avec la structure ce qui, au fil de l'utilisation, leur donne un avantage par rapport aux utilisateurs avec carte qui retournent fréquemment à celle-ci pour pouvoir naviguer.

Scott et Schwartz (2007) abondent dans ce sens et argumentent que l'utilisation de la carte implique de créer deux modèles mentaux séparés ; un modèle de l'interface et un autre de la carte, ce qui entraîne une surcharge cognitive et altère l'efficacité de la navigation. Pour en tirer du bénéfice, il faut intégrer les deux.

3.5.2 La métaphore

Nous l'avons déjà abordée, l'utilisation de la métaphore spatiale dans la conception de l'interface peut être un élément facilitateur de navigation. L'intérêt de la métaphore est qu'elle permet à l'individu d'utiliser ses connaissances du monde réel pour agir dans un environnement

électronique (Dillon, McKnight, & Richardson, 1990). Collard et Fastrez (2009) parlent de métaphore « spécifique ». Ils notent deux types de métaphores spécifiques : la métaphore physique et la métaphore sémantique. La métaphore physique peut prendre pour concept-cible soit la structure hypertextuelle, soit l'interface, soit les deux. La métaphore sémantique organise le contenu informationnel et facilite la compréhension de l'utilisateur face à celui-ci informationnel proposé. Par exemple, l'un des hypertextes que nous avons construits, dont le contenu informationnel relève des animaux, organise les pages par rapport au continent sur lequel vivent les animaux. Il s'agit donc d'une métaphore sémantique.

Il est difficile de trouver des exemples illustratifs de tous les niveaux de cette typologie dans des sites courants (notamment pour la métaphore physique). Elle est davantage axée sur des interfaces expérimentales.

Padovani et Lansdale (2003) ont souligné l'intérêt de proposer des métaphores physiques. Ils ont observé la navigation d'utilisateurs dans des interfaces aux contenus identiques mais dont l'une était construite sur une métaphore spatiale (une maison) et l'autre sur une métaphore non spatiale (un groupe social). Les résultats montrent qu'il est plus aisé de naviguer dans une interface construite sur une métaphore spatiale.

3.6 Synthèse

Pour synthétiser, nous pouvons dire que la navigation hypertextuelle caractérise l'interaction d'un utilisateur avec une interface hypermédia. Cette navigation comprend deux dimensions ; l'une sémantique, l'autre spatiale. Le pendant sémantique est caractérisé d'une part par les habiletés de compréhension du discours de l'utilisateur mais également par ses connaissances antérieures sur le domaine présenté. La dimension spatiale de la navigation rayonne à plusieurs niveaux. En effet, l'utilisateur conceptualise son interaction avec l'interface dans des termes de déplacement et de mouvement, et les dispositions de type spatial, telle que les plans de site, s'avèrent dans certaines circonstances être de bonnes aides à la navigation.

Dans notre contexte de recherche, la navigation hypermédia est caractérisée par la recherche d'information. Nous pouvons envisager cette activité avec le modèle EST de Rouet et Tricot (1998), qui présentent un modèle purement sémantique. Mais dans le cadre de la RI dans un hypermédia nous envisageons également un input spatial, centré sur l'interface. Soulignons que nous envisageons ces deux entrées (sémantique et spatiale) comme interagissant l'une avec l'autre. En réalité, nous concevons la RI dans un hypermédia comme un mixte du modèle de Rouet et Tricot (1998) (p. 22) qui est purement sémantique mais qui a la qualité d'être un

modèle dynamique, et du modèle de Dillon (2000) (p. 50) qui allie sémantique et spatial mais qui présente le désavantage d'être statique.

Nous allons maintenant nous intéresser aux habiletés visuo-spatiales et tenter de comprendre à quoi se réfère ce concept.

4. La cognition spatiale

Notre intérêt de recherche est théoriquement ancré dans la psychologie cognitive et plus particulièrement dans la cognition spatiale. Dans cette section, nous allons définir le concept d'habiletés visuo-spatiales et afin de bien cerner ce dernier, nous définirons une série de concepts connexes. Dans un premier temps, nous aborderons la mémoire et les différents modèles qui la conceptualisent. Ensuite nous présenterons les tests permettant d'évaluer les capacités de celle-ci en termes d'habiletés visuo-spatiales. Nous aborderons enfin les habiletés de perspectives spatiales et nous terminerons par un point sur la cognition distribuée.

4.1 La mémoire

Si nous nous intéressons à des opérations cognitives visuo-spatiales, nous devons aborder les modèles qui conceptualisent ces opérations mentales. Nous allons donc envisager la mémoire à travers plusieurs modèles. Ceux-ci font l'objet de discussions et de réinterprétations perpétuelles. Sans rentrer dans un débat, nous nous contenterons ici de présenter trois modèles qui nous permettront d'envisager la complexité des facteurs cognitifs que nous étudions.

4.1.1 Le modèle modal d'Atkinson et Shiffrin

Atkinson et Shiffrin (1968) définissent un modèle tripartite de la mémoire ;le système mnémonique, présenté sous le concept de modèle modal. Ce dernier mobilise successivement trois composantes : le registre de l'information sensorielle (RIS), la mémoire à court terme (MCT) et la mémoire à long terme (MLT). Le registre de l'information sensorielle n'est mobilisé que pendant un laps de temps très court. Les individus scannent l'information transmise par un organe sensoriel et une image détaillée en est conservée quelques dixièmes de secondes. L'information est ensuite transmise à la mémoire à court terme.

La MCT sert à stocker des informations tout en réalisant une tâche liée à celles-ci. Comme pour le RIS, la durée de conservation des informations est limitée dans le temps (30 secondes), mais le nombre d'items conservés est lui aussi extrêmement limité. Ainsi, Miller (1956) soutient qu'il n'est pas possible de retenir plus de 7 +/-2 items, mais ajoute que ceux-ci peuvent être regroupés en *chunk*, dont le nombre est lui aussi compris entre 5 et 9. Les informations stockées temporairement dans la MCT ne sont plus les images scannées par le RIS, mais une

interprétation de celles-ci que la MCT enregistre pour faciliter le classement dans la mémoire à long terme.

Si les capacités du RIS et de la MCT sont extrêmement limitées, la capacité de la MLT serait, elle, illimitée dans le temps et en quantité. C'est là que sont stockées, définitivement, les expériences sensorielles scannées par le RIS, transmises à la MCT.

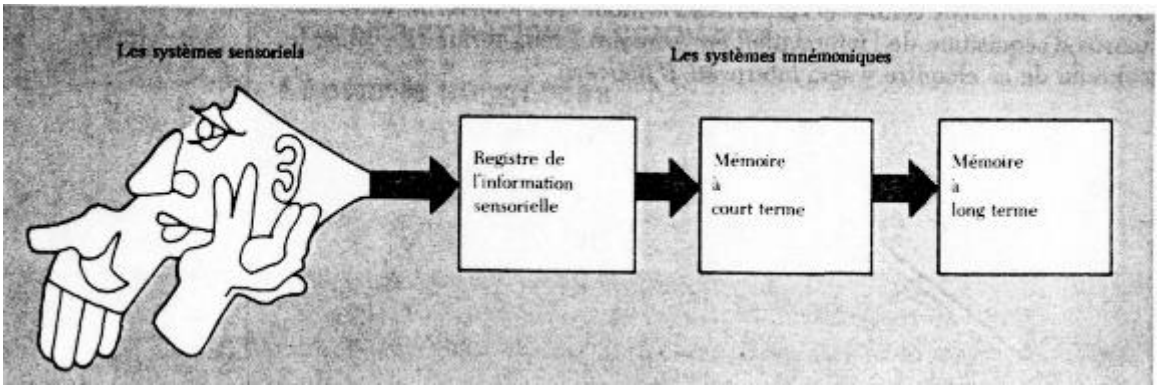


Figure 5 : (Lindsay & Norman, 1980, p. 304)

4.1.2 La mémoire de travail : le modèle de Baddeley

Baddeley et Hitch (1974) vont réinterpréter le système de mémoire à court terme d'Atkinson et Shiffrin (1968) pour proposer un modèle multi-composant (revoyant ainsi le caractère unitaire du premier) s'inscrivant, au-delà de la mémoire en soi, dans un système cognitif plus complexe (Baddeley, 2000).

Le modèle de la mémoire de travail comprend plusieurs composantes. Celles-ci permettent à l'individu de comprendre et de se représenter mentalement l'environnement immédiat, de retenir une information, d'apprendre de nouvelles connaissances, de formuler, rapporter et résoudre des problèmes et enfin, d'agir en fonction d'un but (Baddeley & Logie, 1992).

La mémoire de travail se compose d'une centrale exécutive ainsi que d'une boucle phonologique et d'un calepin visuo-spatial. Ils sont utilisés pour maintenir des traces de l'expérience sensorielle en mémoire. La boucle phonologique traite tout ce qui relève du verbal et le calepin visuo-spatial, les informations spatiales. Ces deux composantes sont désignées comme des systèmes « esclaves » de la centrale exécutive. Cette dernière est impliquée dans le contrôle et la régulation de la mémoire de travail. Elle coordonne les deux systèmes esclaves. Compte tenu de notre champ de recherche, nous allons ici, nous intéresser exclusivement au calepin visuo-spatial.

Alors que la boucle phonologique connaît un grand intérêt, le calepin visuo-spatial est quant à lui assez peu étudié (Baddeley, 2003). Comme son homologue verbal, le calepin visuo-spatial

a une capacité limitée. Il est mobilisé lors du maintien d'informations spatiales et visuelles, ainsi que lors de manipulations d'images mentales (Roulin & Monnier, 1994). Le calepin visuo-spatial, tout comme la boucle phonologique, est composé d'un registre de stockage et d'un registre de rafraîchissement (Roulin & Monnier, 1994). L'évaluation de ce système peut être réalisée à partir de tâches où le sujet doit mémoriser des localisations dans l'espace, comme le *Corsi blok test* (Berch, Krikorian, & Huha, 1998) (p. 43), afin d'obtenir un empan spatial.

En 2000, Baddeley (2000) complète son modèle avec le tampon épisodique, une interface de transmission d'information vers la mémoire à long terme. Il permet de rassembler, regrouper les informations du calepin visuo-spatial, de la boucle phonologique et de la mémoire à long terme.

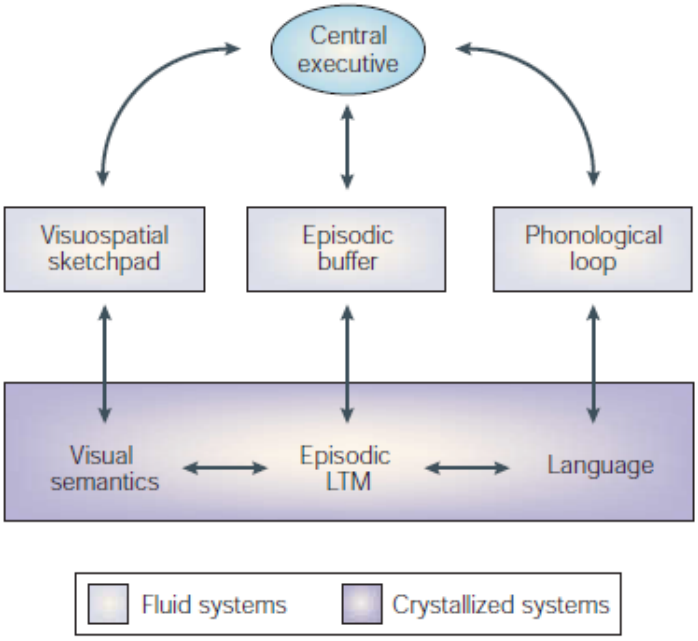


Figure 6: The multi-component working memory revision (A. Baddeley, 2003, p. 835)

4.1.3 Les fonctions exécutives

Plus récemment, Miyake et al.(2000) proposent une nouvelle façon d'envisager le système cognitif basée sur trois fonctions exécutives : *shifting*, *updating* et *inhibition*. Le premier processus cognitif est le *shifting*, c'est-à-dire la flexibilité mentale. Ce processus permet de passer d'une tâche à une autre, mais aussi de changer de stratégie pour résoudre une tâche. Le *shifting* implique donc de délaisser une tâche ou une stratégie, pour en réaliser une autre. Le deuxième est *l'updating*, c'est-à-dire, un processus de mise à jour. Ce concept est fortement lié à celui de la mémoire de travail puisqu'il y met à jour les représentations. Les auteurs insistent

sur le fait qu'il s'agit de bien plus qu'une gestion de l'information pertinente par rapport à la tâche, mais d'une manipulation dynamique du contenu de la mémoire de travail. Enfin, le dernier processus est l'*inhibition*. C'est un processus qui va délibérément masquer une réponse automatique ou routinière lorsque celle-ci n'est pas appropriée à la tâche.

4.2 La charge cognitive : la théorie de Sweller

Dans les années 80, les travaux de Sweller s'intéressent à l'apprentissage de nouvelles connaissances par les individus et plus spécifiquement, aux obstacles à celui-ci. Sa théorie s'applique au modèle cognitif de la mémoire de travail, définie avec une capacité limitée alors que la mémoire à long terme est illimitée. Il propose la théorie de la charge cognitive pour expliquer l'échec d'apprentissage de nouvelles informations, dû au caractère limité de la MDT (Tricot, 1998). Dans un premier temps, Sweller définit deux types de charges cognitives. La première, est une charge cognitive intrinsèque où la demande imposée à la MDT est liée à la tâche elle-même. Il n'est donc pas possible de la diminuer, sauf en modifiant la tâche (Paas, Renkl, & Sweller, 2003) Par exemple, lors d'une tâche de recherche d'information dans un SRI, la complexité de la tâche tient d'une charge intrinsèque, la diminuer reviendrait à changer la tâche (en demandant de chercher une information plus facilement localisable, par exemple). La seconde, la charge cognitive extrinsèque, appelée aussi charge cognitive inutile, est liée à la présentation de l'information à acquérir. La présentation de l'information impose à la mémoire de travail un traitement inutile à l'apprentissage de l'information lui-même. Dans ce cas, il est possible de diminuer la charge cognitive extrinsèque en tentant de présenter le plus clairement les informations à apprendre. Plus tard, Sweller définira la charge cognitive *germane* qui, comme la charge cognitive extrinsèque, dépend de la façon dont l'information à apprendre sera présentée. Ce type de charge cognitive doit être encouragé car il permet à l'apprenant de construire des schémas[4] d'acquisition qu'il pourra utiliser ultérieurement (Paas et al., 2003) Le concept de charge cognitive est un concept récurent quand on s'intéresse à la navigation hypertextuelle. La charge cognitive impliquée dans la navigation hypermédia provient de la multitude de représentations mentales que l'utilisateur doit construire et gérer simultanément. Dillon (2000) parle d'une représentation sémantique et d'une autre physique, Rouet et Tricot (1998) parlent de la représentation de la tâche, de celle de la stratégie mise en place et de celle du contenu informationnel présenté. Enfin, Scott et Schwartz (2007) soulignent que lorsqu'une

[4] « *Dans ce cas, schéma est à comprendre comme une structuration complexe des connaissances qui peuvent être traitées comme des unités simples.* » (Tricot, 1998, p. 39)

interface possède une carte, l'utilisateur doit construire une représentation mentale de la carte et une autre de la structure du système.

4.3 Les habiletés visuo-spatiales

Les habiletés visuo-spatiales regroupent en fait un grand nombre de facteurs d'habiletés cognitives. Carroll (1993) les a classées en cinq catégories ; *spatial vizualisation* (concerne le traitement de la compréhension, de l'encodage et de la manipulation mentale de formes spatiales (John Bissell Carroll, 1993, p. 309)), *spatial relations* (reprend des opérations mentales plus légères, comprenant des transformations relativement simple (John Bissell Carroll, 1993, p. 309)), *visuospatial perceptual speed* (ce facteur évalue des opérations mentales très couteuses comme la comparaison d'au moins deux représentations visuelles (John Bissell Carroll, 1993, p. 309)), *closure speed* (relève de la compréhension de formes spatiales dans un contexte distrayant (John Bissell Carroll, 1993, p. 310)), *closure flexibility* (concerne la recherche de formes spatiales particulières au sein de structures spatiales plus complexes (John Bissell Carroll, 1993, p. 310)). Nous allons présenter les tests utilisés pour évaluer ces facteurs en nous intéressant principalement au facteur de visualisation spatiale puisqu'il a été déterminé comme l'un des indicateurs saillants de la performance de la navigation hypertextuelle (Vicente et al., 1987).

4.3.1 The kit of factor referenced cognitive tests

En 1987, Vicente et al. testent l'effet de différentes habiletés cognitives sur la navigation hypertextuelle et ils en ressortent que ce sont les habiletés verbales et spatiales dont l'effet est le plus important. Ils utilisent la batterie de test d'Ektrom et al. (1976) : *Kit of Factor-Referenced Cognitive tests* (KFRCT). Cette batterie présente 72 tests, dits « tests papier-crayon », qui évaluent 23 facteurs cognitifs différents.

Depuis les années 80, très peu de recherches sur les différences individuelles et la navigation hypermédia ont utilisé d'autres tests que ceux issus de ce kit. Le tableau (Figure 7) présente les tests qui ont été utilisés dans les études expérimentales s'intéressant au rôle des habiletés visuo-spatiales dans la recherche d'information dans un environnement hypertextuel. Ces articles seront largement présentés dans la revue de la littérature (p.66).

Acronymes	Significations	Définitions[5]	Auteurs évaluant ce facteur
CF	Closure, flexibility of… -Hidden figures -Hidden patterns -Copying	*The ability to hold a given visual percept or configuration in mind so as to disembed it from other well defined perceptual material.*	Vicente *et al*, 1987, Seagull et Walker, 1992
MA	Memory, Associative	*The ability to recall one part of previously learned but otherwise unrelated pair items when the other part of the pair is presented.*	Chen, 2000
MS	Memory span	*The ability to recall a number of distinct elements for immediate reproduction.*	Vicente *et al*, 1987
P	Perceptual speed	*Speed in comparing figures or symbols, or carrying out other very simple tasks involving visual perception. It may be the centroid of several subfactors (including form discrimination and symbol discrimination) which can be separated but are more usefully treated as a single concept for research purposes.*	Vicente *et al*, 1987
S	Spatial orientation	*The ability to perceive spatial patterns or to maintain orientation with respect to objects in space.*	Vicente *et al*, 1987, Stanney et Slavendy, 1995
SS	Spatial scanning	*Speed in exploring visually a wide or complicated spatial field.*	Vicente *et al*, 1987, Seagull et Walker, 1992
V	Verbal comprehension	*The ability to understand the English language.*	Seagull et Walker, 1992
VZ	Visualization	*The ability to manipulate or transform the image of spatial patterns into arrangements.*	Vicente *et al*, 1987 ; Campagnoni et Ehrlich, 1989 ; Seagull et Walker, 1992 ; Stanney et Slavendy, 1995 ; Chen, 2000 ; Zhang et Salvendy, 2001 ; Nilsson et Mayer, 2002 ; Downing et al. 2005 ; Pilgrim, 2007 ; Blustein et al.,2008.

Figure 7:Tableau de synthèse des tests issus du KFRCT utilisés dans les articles présentés dans la revue de la littérature

Nous nous intéresserons particulièrement au facteur de visualisation spatiale (VZ), puisque c'est ce facteur qui a le plus été utilisé dans les recherches expérimentales antérieures et que nous l'avons également évalué dans notre recherche.

Le facteur VZ évalue l'habileté à transformer un schéma spatial en d'autres arrangements (Ekstrom et al;1976b). Les auteurs de la batterie différencient la visualisation spatiale et l'orientation spatiale, en soulignant que lors d'une tâche de visualisation, une figure doit être

[5] Définitions issues du *Manual of Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests* (Ekstrom, French, Harman, & Dermen, 1976b)

reconstituée mentalement afin d'être manipulée cognitivement, alors que c'est toute la figure qui est manipulée mentalement dans une tâche d'orientation spatiale sans reconstruction préalable. Ils continuent en citant un article de Carroll (1974) qui soutient que visualisation et orientation spatiale nécessitent toutes deux une opération de manipulation en mémoire à court terme, mais que la visualisation nécessite en plus une opération de reconstitution mentale (Ekstrom et al., 1976b, p. 173). Carroll (1993) note que la réalisation de tâches comme celles proposées dans les tests VZ-1 et VZ-2, requière une représentation mentale en 3-D, ce qui d'après lui explique que les individus qui réalisent correctement ce type de tâches en 2-D sont également performants dans des tâches en 3-D.

Trois tests sont proposés pour évaluer la visualisation spatiale. Le premier (VZ-1) est un test de rotation mentale et présente cinq parcelles de formes dont toutes ou partie peuvent être mises ensemble pour reconstituer la forme modèle. Le sujet doit cocher les formes nécessaires à la reconstitution de la forme modèle (Figure 8).VZ-2 est un test de pliage et dépliage mental où le sujet doit choisir parmi des propositions quelle est la forme présentée en modèle, dépliée (Figure 9). Enfin, VZ-3, nécessite d'imaginer une forme de papier que nous pourrions plier afin de former un objet. Il faut attribuer les parties de la forme de papier dessinée aux côtés de l'objet constitué (Figure 10).

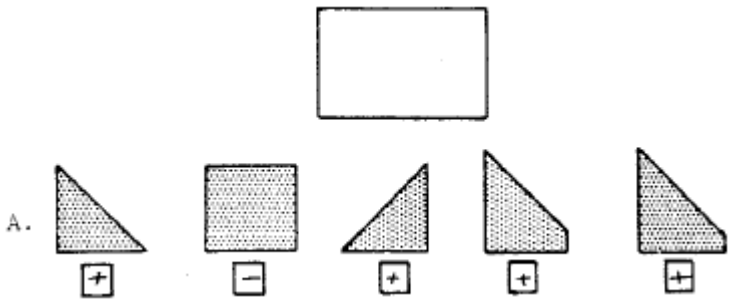


Figure 8: VZ-1, Kit of Factor Referenced-Cognitive Tests (Ekstrom et al.*, 1976, p. 281)*

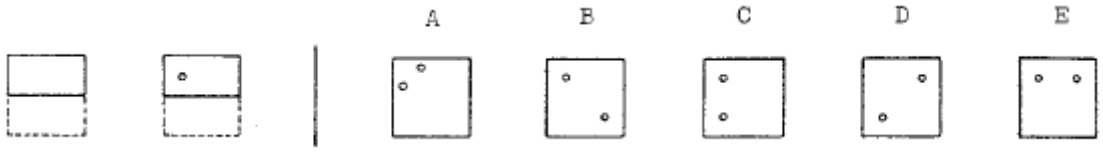


Figure 9: VZ-2, Kit of Factor Referenced-Cognitive Tests (Ekstrom et al., 1976, p. 286)

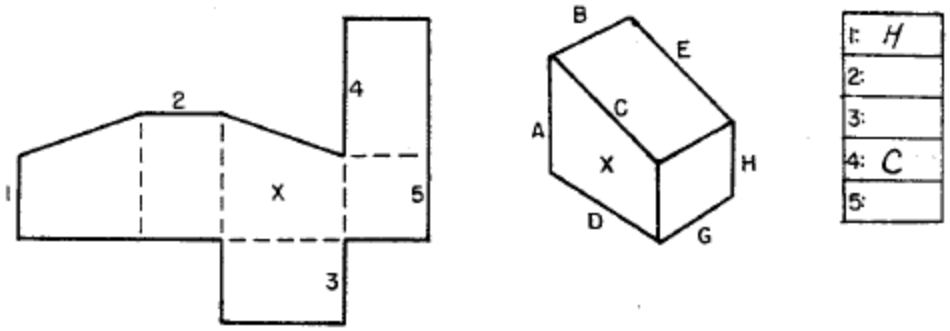


Figure 10:VZ-3, Kit of Factor Referenced-Cognitive Tests (Ekstrom et al., 1976, p. 289)

Hegarty (2010) a tenté de comprendre les stratégies cognitives mobilisées pour résoudre les tests d'habiletés visuo-spatiales, notamment, le test VZ-2 d'Ekstrom et al. (1976) (Figure 9). Elle insiste sur le fait que ces tests ont été conçus pour des raisons très pratiques, comme évaluer les habiletés de certains corps de métier (les mécaniciens, par exemple). Les tests qui ont été conservés sont ceux qui ont eu le plus grand taux de prédiction du succès à une tâche. Cela fait plus de trente ans que ces tests sont utilisés. Elle souligne qu'il est donc probable que nous passions à côté de certains aspects de la pensée spatiale.

4.3.2 Le Corsi bloc test

D'autres études expérimentales (Pazzaglia, Toso, & Cacciamani, 2008; Rouet, Vörös, & Pléh, 2012) ont opté pour le C*orsi block test* (CBT). Le CBT date des années 70 et est un test de mémorisation de localisations spatiales qui permet d'estimer l'empan spatial. Roulin et Monnier (1994) en donne une description particulièrement explicite :

« *Neuf cubes sont disposés aléatoirement sur une planche faisant face au sujet. L'expérimentateur touche un nombre prédéfini de cubes suivant une séquence particulière que le sujet doit parfaitement reproduire.* » (Roulin & Monnier, 1994, p. 434).

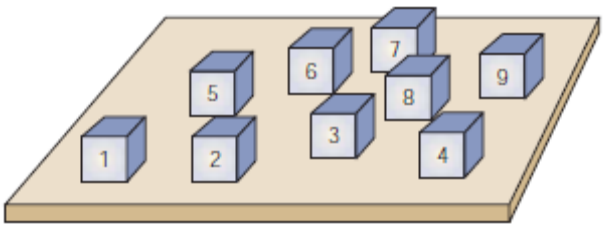


Figure 11: Corsi Block Test (A. Baddeley, 2003, p. 831)

4.3.3 Le test de la matrice de points

Myake et al. (2001) présentent le test de la matrice de points comme un test de mémoire de travail visuo-spatial car il implique simultanément un stockage visuo-spatial, à savoir, la localisation de points, et un traitement visuo-spatial, la vérification d'une équation de points. De fait, les participants doivent dans un premier temps considérer une équation de points et vérifier si elle est vraie ou fausse. Ensuite, alors qu'à chaque équation est attribué une autre grille contenant un point, ils doivent à la fin reporter dans une nouvelle grille la localisation de tous les points de toutes les grilles attenantes aux équations.

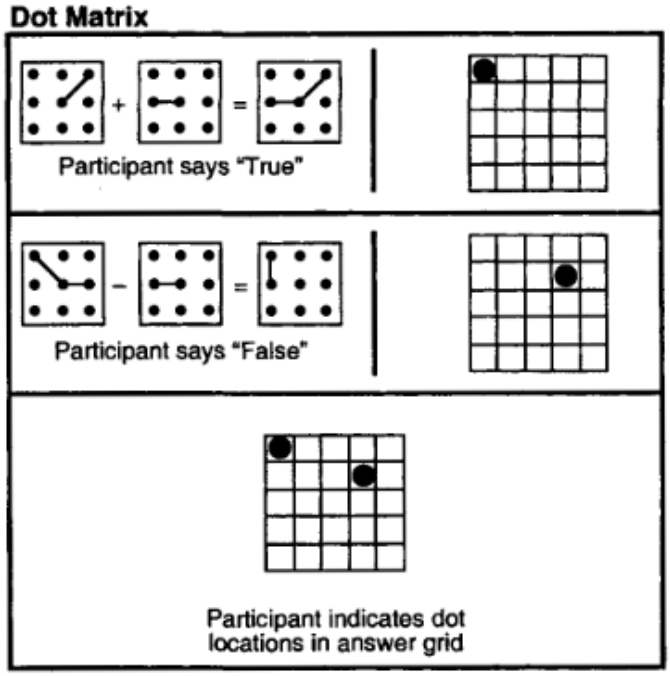


Figure 12:Dot matrix task (Miyake et al., 2001, p. 627)

Notons que ce test a peu été utilisé dans des recherches qui relèvent du rôle des habiletés visuo-spatiales dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia. En réalité, nous n'avons relevé qu'une seule recherche l'utilisant, celle de Pazzaglia et al. (2008), nous y reviendrons.

4.3.4 La mémoire de travail, les fonctions exécutives et les habiletés visuo-spatiales

Miyake et al. (2001) s'intéressent particulièrement à trois types d'habiletés spatiales ; la visualisation spatiale (qui consiste à appréhender le codage et la manipulation mentale de formes spatiales (Miyake et al., 2001, p. 623)), l'estimation de relations spatiales (relève de la résolution rapide d'un problème de rotation simple (Miyake et al., 2001, p. 625)), et la vitesse perceptuelle de visualisation spatiale (liée à la rapidité à associer des arrangements visuels

(Miyake et al., 2001, p. 625)). Ils tentent de mettre en évidence comment ces habiletés sont reliées à des mesures de mémoire de travail ou de fonctions exécutives. Les tests psychométriques de visualisation spatiale que nous étudions dans notre recherche et auxquels s'intéressent Miyake *et al.* (2001) sont définis comme *« reflect processes of apprehending, encoding, and mentally manipulating spatial forms*» (John Bissell Carroll, 1993, p. 309; Miyake et al., 2001, p. 623). Les auteurs avancent que le test VZ-2, notamment, nécessite de garder temporairement en mémoire une représentation visuo-spatiale afin de la manipuler mentalement. La figure présentée sur le test est intégrée sous forme de représentation mentale, elle est manipulée (pliage mental) puis comparée aux propositions du test.

Ils font l'hypothèse que ce stockage visuo-spatial serait davantage relié aux fonctions exécutives plutôt qu'au calepin visuo-spatial. Cette hypothèse repose sur deux choses. Premièrement, les tests de visualisations spatiales requièrent une série de transformations mentales et nécessitent ainsi la coordination de plusieurs traitements cognitifs. En d'autres mots, ces tests de visualisations spatiales sont constitués de sous-tâches, de sous-buts ce qui impliquerait la fonction exécutive *shifting* (p. 38), afin de passer d'un but à un autre. Deuxièmement, ces tests nécessitent de réaliser une transformation spatiale d'une figure dessinée à laquelle le sujet fait face et qu'il regarde. Cette image qu'il a devant les yeux ferait une interférence avec la représentation qu'il a construite et manipulée mentalement. Cette tâche implique à la fois *l'updating*, c'est-à-dire la mise à jour de la représentation mais également l'*inhibition* qui va permettre de faire abstraction de cette image que le sujet a dans son champ de vision (p.38).

Leurs résultats montrent que le facteur de visualisation spatiale (testé notamment avec VZ-2) est le facteur d'habileté spatiale qui implique le plus les fonctions exécutives (en comparaison avec la vitesse perceptuelle qui les implique le moins). Le stockage de la représentation mentale que nécessite notamment le test VZ-2 est donc fortement relié aux fonctions exécutives. Les auteurs concluent donc que les habiletés visuo-spatiales dépendent de l'efficacité des fonctions exécutives et de la capacité à stocker une représentation visuo-spatiale mentalement et, que ce qui distingue les différentes habiletés visuo-spatiales (vitesse perceptuelle, relations spatiale et visualisation spatiale) est l'implication de ces deux composantes (les fonctions exécutives et la capacité de stockage).

4.4 Cadres de référence et perspectives

Hegarty et Waller (2004) soulignent la distinction entre les habiletés mentales qui requièrent la transformation spatiale d'un objet donné (tâche de rotation mentale, par exemple) et les habiletés qui impliquent d'imaginer une scène à partir de différents point de vue (*spatial perspective taking*). Les habiletés de perspective demandent à l'individu d'imaginer le mouvement d'un point de vue par rapport à un ou plusieurs objets (Kozhevnikov, Motes, Rasch, & Blajenkova, 2006). Il s'agit donc de l'habileté à comprendre l'expérience visuelle d'un autre point de vue que le sien (Mazzarella, Hamilton, Trojano, Mastromauro, & Conson, 2012). Cette habileté est mobilisée lorsque les individus décrivent un environnement, par exemple, afin qu'un autre individu puisse se le représenter.

Cette prise de perspective s'appuie sur un cadre de référence à partir duquel des objets seront situés et qui définit le cadre de référence spatial auquel l'individu se réfère (Daniel, 2012). Trois cadres de référence sont fréquemment utilisés.

Le premier, organise les objets les uns par rapport aux autres, d'un point de vue extérieur ; « *la lampe est à droite du canapé* ». Il s'agit d'une perspective égocentrée puisque la position des objets par rapport aux autres est relative au point de vue que l'observateur/descripteur adopte. En effet, les directions changent en même temps que bouge l'observateur. Daniel (2012) parle de cadre de référence centré sur l'observateur. Daniel définit ensuite le cadre de référence centré sur un objet où « *Le système intrinsèque localise un objet cible en fonction de la structure interne propre à un objet de référence (par exemple « l'avant » d'une voiture, « l'arrière » d'une maison, « le pied » de la montagne)*. » (Daniel, 2012, p. 11). La particularité de ce cadre de référence est qu'il est complètement indépendant de l'observateur. Enfin, le troisième cadre de référence est centré sur l'environnement. C'est un système allocentré puisqu'il est à la fois indépendant de la position de l'observateur et des caractéristiques intrinsèques de l'environnement (Daniel, 2012). Dans le langage courant, cette perspective se traduira via l'utilisation des points cardinaux (« *Vilvorde est au Nord de Bruxelles* »).

Au-delà du cadre de référence choisi, trois types de perspectives peuvent être adoptés par l'individu. Daniel (2012) définit la perspective du piéton, la perspective par parcours du regard et la perspective de survol. La perspective du piéton est statique. Il s'agit d'une perspective égocentrée, elle est adoptée naturellement lors de l'expérience physique de l'environnement. La perspective du regard est caractérisée par le mouvement (même si l'énonciateur peut être statique). C'est une perspective extérieure à l'environnement et les objets sont décrits les uns

par rapport aux autres d'un point de vue fixe (par exemple, décrire une pièce depuis sa porte d'entrée) (Daniel, 2012). Enfin, la perspective en survol est une perspective globale d'un point de vue surplombant. Il s'agit d'une perspective allocentrée indépendante de l'observateur.

A partir des commentaires recueillis lors de notre expérimentation, nous avons tenté d'illustrer la combinaison de différentes perspectives avec les cadres de référence définit.

Perspectives/ cadres	**Observateur**	**Objet**	**Environnement**
Piéton	Ici, je tourne à gauche puis j'irai tout droit.	Je passe devant l'entrée.	/
Regard	Les zèbres sont à côté des girafes	Les singes sont derrière le snack.	/
Survol	L'Océanie est au-dessus de l'Asie	Les flamants roses sont au fond du parc.	L'entrée se trouve au sud.

Figure 13:Exemples de formulations repris de notre première expérimentation (p. 101) et basées sur les cadres de références et perspectives définis par Daniel (2012)

4.5 La représentation mentale de l'environnement

Notre environnement s'étend bien au-delà de ce que nous pouvons voir dans notre champ de perception. Par conséquent, nous construisons une représentation mentale de celui-ci qui nous permet d'y anticiper et d'y réaliser des actions. Cette représentation connaît différents modèles de conceptualisation. Siegel et White (1975) parlent de *cognitve map*, Neisser (1976), Dillon et al.(1993) parlent de schémas et enfin Tversky (2003) a défini quatre types d'espaces de représentations. Nous allons présenter ces concepts et, à partir ce ceux-ci, ce que nous entendons par représentation mentale de l'espace mais, avant cela, nous allons nous intéresser à la construction de cette représentation.

4.5.1 Apprentissage primaire et secondaire

Avant d'en venir aux modèles qui ont conceptualisés la représentation mentale de l'environnement, nous allons aborder la théorie de McDonald et Pellegrino (1993) qui présente la façon dont cette représentation peut se construire. McDonald et Pellegrino (1993) définissent deux types d'apprentissage qui permettent de se représenter un environnement qui s'étend au-delà de notre point de vue : l'apprentissage primaire et l'apprentissage secondaire. L'apprentissage primaire est relatif à l'expérience directe de l'environnement. Il demande de bouger réellement le long de routes, de chemins : de déambuler. Cette expérience va permettre

à l'individu d'acquérir des connaissances spatiales qui lui permettent de se représenter mentalement l'environnement dans lequel il évolue. L'apprentissage secondaire nécessite l'étude d'une représentation symbolique de l'environnement, comme une carte, par exemple. Il permettra lui aussi l'acquisition de connaissances spatiales au sujet d'un environnement, même si celui-ci n'a pas été directement expérimenté.

4.5.2 Le *cognitive mapping* : le modèle de Siegel et White

4.5.2.1 Les bases du concept

En 1960, Kevin Lynch (1960) s'intéresse aux représentations mentales que les citadins se construisent de leur ville. A partir des descriptions de villes produites par une série d'habitants il a pu dégager les caractéristiques de la représentation mentale d'une ville. Le premier élément dégagé est ce qu'il appelle « les voies ». Ce sont les canaux le long desquels les individus se déplacent. Ensuite, il parle des « limites », comme des frontières internes entre différents lieux de la ville. Les « quartiers » en sont des parties et les « nœuds », les lieux stratégiques, comme des points de jonction ou de concentration. Il termine avec les « points de repère », des objets physiques définis et externes, dans lesquels l'observateur ne peut pas pénétrer (par exemple, une enseigne, une montagne ou un monument). D'après l'auteur, une ville qui possède tous ces éléments permet une « meilleure lisibilité du paysage urbain » et par conséquent, une navigation plus aisée.

En 1975, Siegel et White (1975) publient « *The development of spatial representation of large-scale environment* ». Ils y définissent le concept de « *cognitive map* » pour caractériser les représentations mentales de l'environnement que l'individu se construit. Leur modèle comprend trois éléments; *landmark knowledge*, *route knowledge*, *survey knowledge*. Les points de repère (*landmarks*) sont des emplacements géographiques spécifiques qui fonctionnent comme des repères stratégiques grâce auxquels les individus peuvent bouger et voyager. Ils permettent de maintenir un trajet en identifiant les points de départ, de décisions et d'arrivée. La *route knowledge* relie les différents points de repère, elle donne une forme à la représentation spatiale en représentant des lignes, des mouvements, des itinéraires. La *survey knowledge* représente les différentes routes qui s'entrecroisent et donc leurs directions, leurs orientations et leurs distances. Elle permet la configuration des différents points de repère les uns par rapport aux autres. C'est une représentation de l'environnement d'un point de vue surplombant.

4.5.2.2 L'utilisation du concept de *cognitive map*

Kim et Hirtle (1995) parlent de carte cognitive pour définir la représentation mentale d'un espace physique navigué. Celle-ci comprend des connaissances qui concernent des

caractéristiques de l'environnement ainsi que des connaissances au niveau des relations spatiales entre ces caractéristiques. La carte cognitive se constitue en trois niveaux : les lieux (que Siegel et White (1975) appellent les points de repère), les routes et les connaissances de type *survey*. D'après les auteurs, ces niveaux sont acquis de façon successive. Ainsi, l'individu peut d'abord distinguer des lieux, qui serviront de points de repère et donc, de points de décision. Ensuite, il peut élaborer des itinéraires qui relient ces points de repère (route). Enfin, le niveau de la *survey knowledge* permet une configuration des différents lieux en ayant une vision surplombante de l'environnement. Ce dernier niveau est présenté par Kim et Hirtle (1995) comme le niveau supérieur, qui permet de se réorienter lorsque l'individu est perdu.

Sedig et al. (2005) envisagent la carte cognitive comme une construction mentale de l'espace qui s'élabore par l'expérience et par l'interaction avec cet espace (ce que McDonald et Pellegrino (1993) appellent apprentissage primaire). Lorsqu'ils parlent d'espace, ils envisagent aussi bien l'espace physique que l'espace conceptuel. Cette représentation mentale peut être utilisée de la même façon qu'une carte externe et permet d'effectuer des raisonnements au sujet de cet espace. Elle permet de naviguer, de retrouver des informations au sujet de la structure de l'espace, de mettre à jour des informations, des concepts ou des objets le concernant.

4.5.2.3 La carte cognitive dans la navigation hypermédia

Edwards et Hardman (1989) s'interrogent sur la façon dont les utilisateurs d'hypertextes se représentent cognitivement leurs structures. Ils soutiennent que les utilisateurs construisent une carte cognitive spatiale. Ils reprennent donc les trois types de connaissances définies par Siegel et White (1975) pour définir le concept de « *cognitive map* » qu'ils emploient dans leur interprétation des résultats. D'après eux, l'individu construit une carte cognitive pour se représenter mentalement tous types d'environnements (physique et hypertextuel). Successivement, l'individu détecte des points de repère, élabore des routes qu'il relie entre elles afin d'inférer des configurations. Edwards et Hardman (1989) présentent eux aussi, la *survey knowledge* comme une connaissance « supérieure », facilitant l'élaboration et l'utilisation de raccourcis pour atteindre un but. L'étude expérimentale présentée démontre que les utilisateurs capables d'avoir une représentation de type *survey* de l'interface expérimentée, rencontrent moins de problèmes d'orientation.

Ainsi, Kim et Hirtel (1995), Sedig et al. (2005) et Edwards et Hardman (1989) parlent d'une carte mentale que les individus construisent pour se représenter l'espace tantôt physique (Kim & Hirtle, 1995), hypermédia (Edwards & Hardman, 1989) ou les deux (Sedig et al., 2005). Toutefois, l'interprétation du concept est relativement figée puisque d'après celle-ci, tous les

individus acquièrent de façon successive des connaissances de type *landmarks*, *route* puis *survey*. Les auteurs donnent un statut particulier à la *survey knowledge*, comme niveau supérieur de la représentation mentale.

4.5.3 Les schémas

Dillon et al. (1993) ont également parlé des représentations mentales de l'espace mais cette fois, en termes de schémas. Ils définissent cette notion comme « *des modèles du monde extérieur* », des structures qui représentent des concepts généraux (et par conséquent qui sont applicables à une multitude de situations) que nous avons en mémoire (Rumelhart & Norman, 1995). D'après cette théorie, toutes nos connaissances sont organisées dans différents schémas qui peuvent s'entremêler et s'enchâsser les uns dans les autres. Pour représenter une situation donnée, nous formons donc une succession de schémas en fonction de nos perceptions et de nos représentations extérieures. Ensuite, nous les faisons évoluer, nous les mettons à jour pour arriver à celui qui représentera le plus efficacement le concept en question. La schématisation engendre le risque d'un biais d'erreur, mais c'est ce biais d'erreur qui caractérise le processus de schématisation. La schématisation soutient un processus cognitif et n'est, par conséquent, pas surchargée d'informations. Seules celles qui sont pertinentes font partie des schémas, ce qui implique l'occultation d'autres informations, ce qui peut parfois amener à des représentations biaisées, voir erronées.

4.5.3.1 Shape : le modèle de Dillon

Un peu plus tard, Dillon (2000) avance que la perception de l'espace informationnel, peu importe sa taille, repose toujours sur des propriétés à la fois physiques et sémantiques. Dillon (2000) revient sur l'idée d'Edwards et Hardman (1989) et conteste l'idée trop simpliste pour lui, selon laquelle l'utilisateur développerait successivement des connaissances de type *landmarks*, *route* et puis *survey*. Il souligne que les utilisateurs font davantage que de localiser une information au sein d'un environnement. En fait, ils doivent également intégrer l'information à leur propre structure de connaissance, ce qui nécessite un travail d'interprétation. Ainsi, au-delà de la compréhension de la mise en page et de la spatiabilité de celle-ci, l'utilisateur doit aussi comprendre le contenu et en produire une signification. Cette combinaison dynamique d'informations spatiales et sémantiques forme ce que Dillon appelle *Shape*, c'est-à-dire, le modèle mental que l'utilisateur d'hypermédia construit de l'espace informationnel qu'il expérimente.

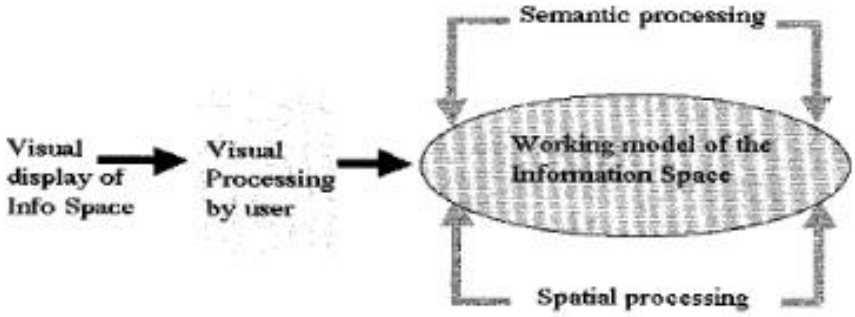


Figure 14 : The spatial-semantic model of shape perception (Dillon 2000:526)

4.5.3.2 La schématisation: le modèle de Neisser

Neisser (1976) envisage un réseau schématique :des schémas spatiaux qui s'enchâssent de façon dynamique. Il dépasse le concept de carte cognitive incarnant quelque chose de figé, de successif et d'unique et propose des champs de perception qui s'emboîtent (« *embedded* ») les uns dans les autres. Nous n'avons pas une seule image de notre environnement, mais une multitude de schémas qui incluent des informations au sujet des relations spatiales entre les objets et au sujet de leur position dans l'environnement. Ainsi, la manipulation d'un objet particulier est ancrée dans la perception de son environnement proche, qui est elle-même ancrée dans la perception de tout l'environnement large et même dans la perception du monde. Toutes ces représentations s'imbriquent les unes dans les autres et sont évolutives. Ces schémas se mettent donc à jour par rapport aux informations disponibles mais aussi par rapport aux schémas produits antérieurement. Certains schémas, dans certaines situations, peuvent présenter un très haut degré d'abstraction avec des caractéristiques saillantes pour un grand nombre de cas, ce qui peut conduire à des distorsions. C'est pourquoi, nos représentations mentales peuvent être biaisées par rapport à la réalité. Mais comme nous l'avons dit, c'est le propre de cet outil cognitif que de décharger la mémoire en ne se concentrant que sur des informations saillantes. Au contraire, dans d'autres contextes, certains schémas peuvent présenter une instanciation importante ne faisant ainsi référence qu'à un cas particulier. Les schémas s'adaptent donc de façon dynamique en fonction du contexte et des besoins.

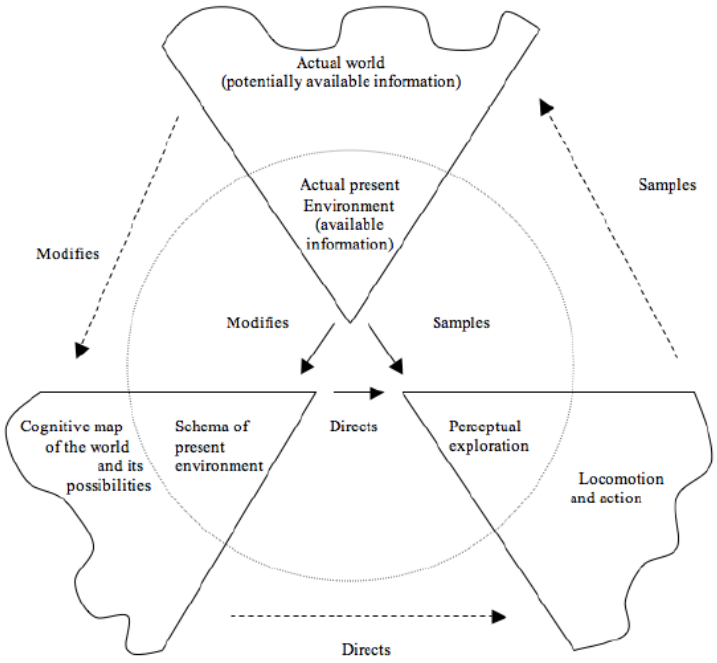


Figure 15:Schemata as embedded in cognitive maps (Neisser, 1976)

4.5.4 Les espaces: le modèle de Tversky

La théorie des quatre espaces de Tversky (2005) est en réalité une extension du point de vue de Neisser (1976), déjà repris par Dillon et al. (1993). L'environnement dans lequel nous évoluons, que ce soit une ville, un immeuble ou un quartier, par exemple, doit être traité cognitivement afin que nous puissions y prendre les décisions nécessaires à la réalisation d'un but de navigation. Tversky (2003) soutient que cet environnement comprend en réalité plusieurs types d'espaces définis en fonction de ce que nous y faisons et de la façon dont nous nous en servons.

Selon Tversky, notre représentation n'est pas unitaire. Elle soutient que l'individu possède mentalement plusieurs types de représentations de l'environnement qui correspondent à différents espaces, selon ce que l'on y fait. Elle en définit quatre : l'espace du corps, l'espace autour de corps, l'espace de la navigation et l'espace des représentations externes.

4.5.4.1 L'espace du corps

Tversky (2003) envisage le corps comme un objet et reprend dès lors la théorie des concepts de niveau de base. Cette théorie soutient que nos catégories mentales sont organisées hiérarchiquement, allant du plus abstrait au plus concret et que tous les niveaux n'auraient pas la même valeur. Ainsi les concepts de niveaux de base ont un statut particulier puisque ce sont eux qui servent de référence aux autres niveaux. Ces concepts sont ceux qui sont les premiers compris et nommés par les enfants. Ils correspondent au niveau le plus élevé auquel une seule image mentale peut représenter la catégorie entière. Enfin, ils correspondent au niveau auquel

la plupart de nos connaissances sont organisées, où les gens sont les plus rapides à identifier un membre de la catégorie et où nous trouvons les lexèmes primaires les plus courts. C'est la raison pour laquelle nous parlons plus fréquemment d'un « cheval » plutôt que d'un « équidé ».

De façon semblable, certaines parties de notre corps occupent un statut cognitif spécial, un niveau se rapprochant de celui de niveau de base. Dans le cas de l'espace du corps, défini par Tversky (2003), certaines parties du corps tiennent ce statut particulier par leur fonctionnalité et par leur taille. Ce sont les parties les plus accessibles et le plus fréquemment nommées : la tête et les pieds, les bras et les jambes, le dos et la poitrine. Ces concepts sont régis par deux types de relations. La première est une relation hiérarchique, par exemple, « membre » est plus générique que « bras » et donc, leur relation est organisée hiérarchiquement. Mais ces concepts sont aussi régis par une relation d'inclusion ou d'emboitement. Par exemple, le poignet fait partie du bras, qui fait partie du corps. Notons que plus une catégorie est abstraite (et donc occupe le haut de la hiérarchie), moins elle contient d'information et par conséquent moins elle est spécifique. Ainsi, les catégories qui portent sur des entités de plus petite échelle sont plus spécifiques que celles qui portent sur des entités de plus grande échelle, qui seront par conséquent plus abstraites.

L'espace du corps fonctionne pour atteindre un objectif et différentes parties du corps sont mobilisées en vue de réaliser différents buts ; les pieds et les jambes pour la déambulation, les bras pour la manipulation d'objets, par exemple. Les représentations mentales de l'espace du corps sont cadrées et structurées autour de ces parties du corps (lesquelles reflètent les fonctions du corps) qui délimitent une scène.

4.5.4.2 L'espace autour du corps

L'espace autour du corps est l'espace qui se trouve immédiatement autour de nous, l'espace de la perception directe et des actions potentielles. La représentation mentale de l'espace autour du corps peut se construire de cinq façons. Premièrement, elle peut s'échafauder de façon implicite par rapport au corps. Ainsi, sans pour autant nommer une partie du corps ou même évoquer celui-ci, lorsque nous décrivons une pièce en disant « le canapé se trouve à droite » et sans mentionner de point de repère spécifique, implicitement, nous comprenons que le canapé se trouve à droite d'un observateur et non à droite d'un meuble occupant cette pièce. Deuxièmement, cet espace peut également être conceptualisé en trois dimensions en termes de relations entre les objets, qui seront alors spécifiés. Troisièmement, l'espace autour du corps peut aussi se construire sur les axes du corps (haut/bas, devant/derrière, gauche/droite), d'un

point de vue égocentré (lors d'une expérience directe avec l'espace). Quatrièmement, quelques fois, il se construit sur les axes du monde (ceux-ci étant calqués sur ceux du corps : devant/derrière, etc.). Enfin, l'espace autour du corps peut se construire d'un point de vue allocentré (lors de l'apprentissage de l'environnement via un support comme une carte, un diagramme ou via une description verbale).

4.5.4.3 L'espace de la navigation

C'est dans cet espace que nous marchons, nous conduisons, etc. L'espace de la navigation est un espace trop large pour être vu en une seule fois. Néanmoins, l'esprit humain a cette habileté à concevoir comme un tout un espace trop vaste pour être vu d'un seul point de vue. Afin de concevoir l'espace de navigation comme un ensemble, nous devons relier, coller, joindre, superposer et intégrer différentes informations. Celles-ci sont de formats, de perspectives ou d'échelles différentes et peuvent contenir des objets divers.

Ces trois types d'espaces ne sont pas dissociés les uns des autres, en réalité, ils sont emboîtés les uns dans les autres puisque l'espace de la navigation comprend l'espace autour du corps qui comprend l'espace du corps. Ils interagissent, s'enchâssent et se renvoient les uns aux autres. Nous avons tenté d'illustrer cette théorie à travers une représentation schématique (Figure 16). Le jaune représente l'espace du corps, le bleu, l'espace autour du corps et le vert, l'espace de la navigation.

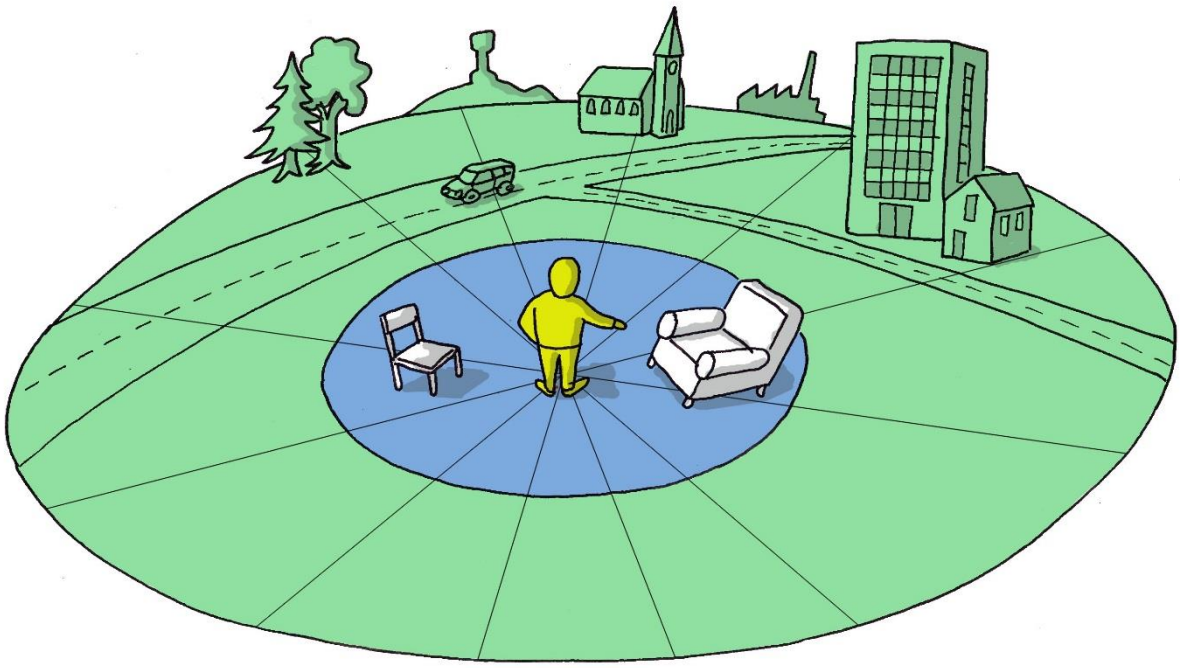


Figure 16:Illustration de la théorie de Tversky par B. Campion

4.5.4.4 L'espace des représentations externes

Cet espace a un statut particulier ; il est créé, inventé par l'homme pour soutenir des activités cognitives. En fait, ce dernier utilise l'espace pour représenter l'espace et les relations spatiales. Ainsi, les outils cognitifs externes (comme des cartes, des diagrammes, etc.) permettent d'étendre le pouvoir de l'esprit humain en déchargeant la mémoire, par exemple. Comme les représentations internes, les représentations externes présentent, elles aussi, des distorsions. Elles sont schématiques, elles omettent des informations ou en ajoutent. Mais ces distorsions permettent de concentrer les informations essentielles, d'attirer l'attention sur elles et ainsi faciliter l'utilisation de ces représentations externes. Les représentations externes permettent l'apprentissage secondaire (Maglio & Matlock, 1998), c'est-à-dire, un apprentissage qui ne passe pas directement par l'expérience de l'environnement. Au contraire, les connaissances au sujet de celui-ci s'acquièrent via une représentation externe.

4.5.5 Notre conception de la représentation mentale de l'environnement

Les partisans du *cognitive mapping* (Edwards & Hardman, 1989; Kim & Hirtle, 1995; Sedig et al., 2005) s'entendent pour reprendre les éléments du modèle de Siegel et White (1975) pour

définir la carte cognitive. L'interprétation qu'ils en font présente le modèle comme unitaire, successif, attribuant à la *survey knowledge* le sommet des niveaux de connaissance au sujet de l'environnement expérimenté. Ils parlent de la carte cognitive comme d'une ressource semblable aux représentations externes de l'environnement, définies par Tversky (2003). Si nous revenons au texte de Siegel et White (1975), nous nous apercevons que ces derniers envisagent différents concepts pour qualifier le modèle mental de l'environnement (dont l'image mentale et la carte cognitive), mais ils prennent néanmoins une position explicite :

« *Spatial models may allow individual to draw a map, but in all likehood, the model in itself is not maplike.*» (Siegel & White, 1975, p. 22)

Ainsi, Siegel et White (1975) préfèrent parler de représentations spatiales plutôt que de cartes, puisqu'ils considèrent que l'image mentale que nous avons d'un environnement n'a rien d'une carte au sens de l'artefact cognitif que nous pouvons retrouver dans l'espace des représentations externes (Tversky, 2003) et n'y ressemble pas, pour plusieurs raisons. Premièrement, nos représentations mentales sont fragmentées.Certains secteurs de l'environnement peuvent être représentés avec un grand nombre de détails et d'autres très sommairement. Deuxièmement, nos représentations sont souvent déformées puisqu'elles s'encodent selon une certaine hiérarchie. Tversky (2005) donne un exemple explicite de ces distorsions ; comme pour les individus, la Californie est encodée comme étant à l'ouest du Nevada, la plupart des gens pensent que la ville de Reno (Nevada) est à l'est de San Diego (Californie), alors qu'elle se trouve à l'ouest. Ensuite, nous avons des représentations de parcelles de l'environnement que nous mettons en relation, bout à bout de façon dynamique pour construire une représentation spatiale. Enfin, notre modèle mental de l'espace n'est pas nécessairement uniquement visuel. Il peut être également tactile, olfactif ou auditif.

Nous opterons pour le point de vue initial de Siegel et White (1975) qui fait partie du même courant que celui de Neisser (1976) ou de Tversky (2001). Nous pensons comme eux que la représentation mentale de notre environnement n'est pas une carte au sens stricte pour les raisons déjà évoquées par Siegel et White (1975). Mais nous pensons également que la représentation cartographique est un artefact culturel, une construction sociale propre à certains individus. Afin que la compréhension des termes soit claire, nous parlerons de « carte cognitive, cognitive map ou cognitive mapping » dans sa vision restrictive ; c'est-à-dire comme une représentation mentale basée sur les mêmes codes que la carte que nous connaissons comme outil de navigation. Les termes « collage cognitif, image mentale, modèle mental/cognitif ou représentation mentale/cognitive» feront référence à des représentations spatiales dynamiques,

évolutives, pouvant intégrer des informations proches de celles présentes sur une carte topographique, mais exemptes de la rigueur et de l'exactitude de cette dernière et présentant aussi potentiellement une multiplicité d'autres informations (sonores, olfactives, etc.).

La carte a été créée par l'homme comme outil afin de faciliter ses voyages, organiser ses terres etc. L'émergence de cette technologie a répondu à un problème qui se posait à un groupe social à un moment donné (par exemple, comment prévenir les marins des dangers qui entourent les ports). Ensuite, ce support s'est décliné, a été adapté, puis s'est popularisé. Dans notre société, puisque la manipulation de représentations cartographiques de l'espace est extrêmement fréquente et fait partie de notre culture, nous pouvons supposer que notre processus cognitif doit en être influencé. A force de manipuler des cartes, de se repérer dans l'espace grâce à cet outil (et non par rapport à la position du soleil ou des étoiles), il y a fort à penser que nos représentations mentales se construisent également sous cette forme ou du moins, semblable à celles-ci. La carte cognitive serait donc culturelle. Elle serait uniquement élaborée par des individus qui évoluent dans une société ou un groupe social où la représentation cartographique de l'espace est ancrée culturellement.

Néanmoins, certains individus peuvent ne pas se sentir à l'aise avec ce type de représentations ou se contenter de connaissances de type *route* pour une navigation efficace. Moeser (1988) a présenté une recherche expérimentale qui comparait l'orientation d'infirmiers travaillant dans un établissement depuis trois ans avec celle d'individus ayant simplement étudié le plan de cet établissement. Il a mis en évidence que les infirmiers n'avaient pas développé de vision *survey* de l'infrastructure, mais qu'une vision de type *route* leur était suffisante pour se rendre rapidement d'un point de repère à un autre.

Ainsi, nous adhérons à la théorie des espaces de Taylor et Tversky (1992) qui envisagent la représentation mentale de l'environnement comme un collage cognitif de différentes perspectives, d'échelles et d'objets divers qui forme une représentation mentale allant d'un type d'espace à un autre et se mettant sans cesse à jour, plutôt qu'une représentation cartographique, figée et stable.

5. La théorie de la cognition distribuée

Nous venons de le voir, Tversky (2001) envisage la construction des représentations spatiales de façon dynamique, distribuée sur différents espaces. Ce modèle nous renvoie à celui d'Hutchins (2001) et à sa théorie de la cognition distribuée.

Hutchins élargit les frontières de la cognition humaine et soutient que la cognition ne se résume pas à ce qui se passe dans le cerveau de l'individu. Ainsi, pour lui, la cognition émane d'au moins trois types d'interactions ; la cognition peut être distribuée à travers un groupe social, à travers l'interaction avec une structure (matérielle ou environnementale) impliquant la gestion de structures internes et externes et enfin, à travers le temps (un évènement passé peut impacter sur la nature d'un évènement ultérieur).

Nous nous intéressons particulièrement à la cognition distribuée impliquant la coordination de structures internes et de structures externes. De fait, dans le cadre d'interactions homme-machine, nous considérons que le processus cognitif face à une tâche ne se résume pas à ce qui se passe dans la tête de l'utilisateur, mais émerge de l'interaction de ce dernier avec l'environnement avec lequel il interagit. Nous nous intéressons donc particulièrement à la cognition distribuée entre la gestion des structures internes et des structures externes. De fait, les dispositions propres à l'environnement, ses caractéristiques rentrent en jeux dans le processus cognitif. Cela implique que l'environnement peut renfermer des « artéfacts cognitifs ». Norman (1992) définit cette notion de la façon suivante : « *A cognitive artifact is an artificial device designed to maintain, display or operate upon information in order to serve a representational function.* » (Norman, 1992, p. 43). Il s'agit donc d'une disposition externe qui soutient le processus interne, par exemple, en substituant à une opération mentale une opération de perception, l'artéfact rend alors directement perceptible (une partie de) la solution à la tâche, sans computation interne supplémentaire. Dans le contexte de recherche qui nous intéresse, le plan est, l'artéfact cognitif le plus évident. De fait, il communique, au sein même de la structure, des informations sur la structure de l'interface que l'utilisateur pourrait agencer et garder en mémoire par apprentissage primaire (McDonald & Pellegrino, 1993). Ainsi, l'artéfact interagit avec la représentation que l'utilisateur a en mémoire. Hutchins (1996) a réalisé une « ethnographie cognitive » en observant et en analysant les instructions et les prises de décision de la navigation maritime au sein d'une unité de marine américaine (Vérillon, 2008). Il analyse notamment le rôle des différents instruments et documents utilisés dans ces tâches, telles que les cartes, par exemple. Il décrit la coordination de l'artefact avec l'environnent en terme de calcul (« computation »), « c'est-à-dire qu'il se réalise à travers la création, la transformation et la propagation d'états représentationnels » (Vérillon, 2008, p. 93).

Comme ce sera exprimé dans notre méthode (p. 86), nous nous inscrivons dans cette perspective prenant en compte à la fois, l'utilisateur, l'environnement et l'interaction entre ces deux derniers.

Dans le chapitre suivant, nous allons passer en revue les recherches antérieures qui ont étudié la thématique qui nous intéresse : la recherche d'information dans un environnement hypermédia et le rôle des HVS dans ce contexte.

Chapitre 2 : Revue de la littérature

Depuis les années 80, de nombreux chercheurs se sont intéressés au rôle des différences individuelles dans la navigation hypertextuelle. Parmi celles-ci, les habiletés visuo-spatiales (HVS) ont constitué un objet d'étude particulier. Le rôle de ces capacités cognitives a tantôt été observé dans la performance à l'édition de textes, dans la programmation ou encore dans la recherche d'information (Egan, 1988). Nous nous intéresserons ici exclusivement aux études expérimentales articulant les habiletés visuo-spatiales et la recherche d'information.

Ces recherches s'employant toutes à démontrer l'implication des HVS dans la navigation, se différencient par de nombreux aspects : la structure de l'hyperdocument, la tâche imposée aux participants, le choix des tests cognitifs et l'évaluation de l'implication des HVS dans la navigation.

Dans cette partie nous allons présenter une revue de la littérature s'intéressant au rôle des habiletés visuo-spatiales (HVS) dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia. Nous commencerons par présenter les critères de sélection des textes exposés ainsi que les paramètres auxquels nous nous intéresserons particulièrement. Ensuite, nous proposerons une synthèse de chaque texte en mettant l'accent sur les particularités de la démarche. Enfin, nous présenterons une synthèse générale soulignant, à la fois, ce qui différencie toutes ces recherches et, tentant d'abstraire ce qui est commun à ce que nous avons mis en place dans le cadre de notre propre recherche.

1. Critères de sélection et paramètres analysés/comparés

Nous avons établis trois critères de sélection. Premièrement, nous ne présenterons que des recherches expérimentales. Deuxièmement, celles-ci doivent mettre en place un dispositif d'observation tentant d'évaluer le rôle des habiletés visuo-spatiales dans l'utilisation de systèmes hypermédias. Enfin, nous n'aborderons que des recherches qui ont mis leurs participants en situation de tâches de recherche d'information. Ainsi, nous avons sélectionné quinze textes allant de 1987 à 2012 (voir tableau page suivante).

Auteur(s)	Année	Titres
Vicente et al.	1987	Assaying and Isolating Individual Differences in Searching a Hierarchical File System
Campagnoni et Ehrlich	1989	Information retrieval using a hypertext-based help system
Seagull et Walker	1992	The effects of hierarchical structure and visualization ability on computerized information retrieval
Benyon et Murray	1993	Adaptive systems: from intelligent tutoring to autonomous agents
Stanney et Salvendy	1995	Information visualization; assisting low spatial individuals with information access tasks through the use of visual mediators
Dahlbäck et al.	1996	Spatial Cognition in the Mind and in the World the Case of Hypermedia Navigation
Chen	2000	Individual differences in a spatial-semantic virtual environment
Zhang et Salvendy	2001	The Implications of Visualization Ability and Structure Preview Design for Web Information Search Tasks
Nilsson et Mayer	2002	The effects of graphic organizers giving cues to the structure of a hypertext document on users navigation strategies and performance
Downing et al.	2005	The effects and interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking
Pilgrim	2007	The influence of spatial ability on the use of web sitemaps
Pazzaglia et al.	2008	The specific involvement of verbal and visuospatial working memory in hypermedia learning
Vörös et al.	2008	Content maps help low spatial capacity users memorize link structures in hypertext
Blustein et al.	2008	Impact of spatial visualization aptitude on WWW navigation
Rouet et al.	2012	Incidental learning of links during navigation: the role of visuo-spatial capacity

Nous nous intéresserons particulièrement à quatre paramètres : le type d'interface utilisé, la tâche imposée aux participants, les tests cognitifs utilisés pour définir la variable dépendante et le choix de la variable indépendante.

1.1 Le type de système

La plupart des recherches ont utilisé un hypertexte hiérarchique, dans lequel les participants devaient simplement parcourir les pages en activant des hyperliens afin de répondre à la consigne. Seuls Downing et al. (2005) ont proposé un logiciel de recherche bibliographique où les sujets devaient formuler des requêtes. Certains ont décliné un hypertexte de base en plusieurs versions : courte ou longue (Rouet et al., 2012; Vörös et al., 2008), avec outil(s) de navigation ou sans (Nilsson & Mayer, 2002; Rouet et al., 2012; Seagull & Walker, 1992; Stanney & Salvendy, 1995; Vörös et al., 2008; Zhang & Salvendy, 2001), avec des aides à la navigation spatiales (comme un plan) ou textuelles (comme une table des matières) (Ford & Chen, 2000) ou encore avec différentes fonctionnalités, comme un menu ou des icônes (Benyon & Murray, 1993). Bref, bien que le dénominateur commun à toutes ces interfaces reste la structure hypertextuelle, un grand nombre de caractéristiques différencient ces dispositifs.

1.2 La tâche de navigation

Si la plupart des articles que nous allons présenter parlent de « recherche d'information », nous avons constaté des différences majeures dans la formulation des consignes, changeant au final la nature de la tâche. Nous avons classé ces consignes en quatre catégories : la localisation d'information, la recherche d'information, la recherche exhaustive et la navigation libre.

1.2.1 La localisation d'information

Plusieurs études ont demandé aux participants de localiser un item dans l'interface proposée (Benyon & Murray, 1993; Blustein et al., 2008; Campagnoni & Ehrlich, 1989; Nilsson & Mayer, 2002; Stanney & Salvendy, 1995; Vicente et al., 1987; Zhang & Salvendy, 2001). La localisation d'information a plusieurs particularités. D'abord, l'information recherchée est explicitement formulée dans la question posée. Ensuite, le participant doit continuer sa recherche jusqu'à ce qu'il trouve l'item recherché. Il n'y a pas de possibilité d'échec à la recherche. Le participant peut procéder lui-même au feedback de sa recherche puisque s'il localise le mauvais item, il s'en rend compte par lui-même et peut adapter sa stratégie. Enfin, la localisation d'information ne demande pas au sujet d'effectuer des interprétations ou des inférences, il doit retrouver l'information demandée telle quelle au sein de l'interface. Pilgrim (2007a) parlait de *closed task* (qu'il opposait à *open task*).

Exemple : « *Color Me On (colormeon.com) offers color-based personality assessment and related training to corporations and individuals for better understanding, compatibility and performance. Please find the webpage where Color Me On is listed in the website*.» (Blustein et al., 2008, p. 83)

Ce que nous appelons la localisation d'information équivaut à ce que Tricot (1993) appelle la recherche d'information unique et localisée.

1.2.2 La recherche d'information

La recherche d'information est une tâche plus libre, qui demande davantage d'interprétation et de compréhension de la part du participant (Chen, 2000; Dahlbäck, 1998). Ce dernier doit trouver un ou plusieurs items permettant de répondre à une question, laquelle ne spécifie pas le(s)dit(s) item(s). Ces tâches ont donc pour particularité que le sujet peut se tromper et ne pas s'en rendre compte. Le participant, lassé, peut aussi mettre fin à la tâche en proposant une réponse approximative ou au hasard. D'autre part, ce type de tâche permet d'évaluer l'exactitude de la recherche.

Exemple : « *Subjects were given two search topics. […] For the second topic, they were told to stop once they found five relevant papers.* » (Chen, 2000, p. 533)

1.2.3 La recherche exhaustive

La recherche exhaustive est une tâche qui demande au participant de rechercher le plus d'items possible répondant à la consigne (Downing et al., 2005; Pazzaglia et al., 2008). Cette tâche a pour particularité qu'il est plus difficile pour le participant d'évaluer s'il a complété la tâche ou pas. Elle permet une comptabilisation du nombre d'items trouvés en un temps imparti.

Exemple : « *Drivers often display certain behaviors that place them, as well as others, in greater danger than would normally be expected while driving. These behaviors have become known by a certain well-known name. What is the name of this behavior? Your task is to use the FirstSearch search tool to find as many articles as fast as you can that identify (or discuss) this behavior.»*(Downing et al., 2005, p. 200)

La recherche exhaustive se rapproche de ce que Tricot (1993) appelle la localisation multiple et diffuse.

1.2.4 La navigation libre

Enfin, la navigation libre (Pazzaglia et al., 2008; Rouet et al., 2012; Vörös et al., 2008) demande aux sujets de naviguer dans l'interface en essayant de retenir un maximum d'information. Ce type de tâche ne permet pas de mesurer, d'évaluer la qualité ou la rapidité d'une recherche

d'information. Les articles qui présentent ce type de tâche n'ont, de fait, pas évalué la recherche d'information.

Exemple : « *[…] the participants had to explore a hypertext for a maximum of 3 minutes in order to learn its contents.* » (Rouet et al., 2012, p. 76)
Cette navigation libre peut être qualifiée d'exploration (Tricot, 1993).

1.3 Les tests cognitifs utilisés

Parmi les tests utilisés, la batterie de tests « *Kit of factor referenced cognitive tests* » d'Ekstrom et al.(1976) est la plus populaire (Blustein et al., 2008; Campagnoni & Ehrlich, 1989; Chen, 2000; Downing et al., 2005; Nilsson & Mayer, 2002; Pilgrim, 2007a; Seagull & Walker, 1992; Stanney & Salvendy, 1995; Vicente et al., 1987; Zhang & Salvendy, 2001). Cette batterie consiste en une série de tests soigneusement construits, statistiquement validés et analysés qui mesurent une partie des habiletés mentales (Helander, Landauer, & Prabhu, 1997). Elle propose 72 tests évaluant 23 facteurs différents. La popularité de ces tests vient d'un chapitre d'Egan et Gomez (1985) dans lequel ils s'emploient à travers quatre expérimentations à évaluer, isoler et accommoder les différences individuelles pour l'utilisation d'éditeurs de textes. Ils utilisent la batterie de tests d'Ekstrom et al. (1976) et mettent en évidence le rôle de la mémoire spatiale dans la capacité à acquérir de nouvelles compétences dans un éditeur de texte.

Les tests les plus récurrents sont issus du facteur VZ, visualisation, défini comme suit : « *The ability to manipulate or transform the image of spatial patterns into other arrangements.* » (Ekstrom et al., 1976b, p. 173). Il s'agit donc de tests de mémoire à court terme nécessitant soit de reconstituer une figure à partir de ses composantes et donc, d'effectuer une manipulation mentale, soit de tâches de rotation mentale d'une configuration spatiale (Blustein et al., 2008).

Trois tests sont proposés pour analyser ce facteur :

- VZ-1 nécessite une rotation mentale. Ce test a été employé par Vicente et al. (1987) et Downing et al. (2005) (p.42).
- Le test le plus utilisé est VZ-2, il nécessite un pliage et dépliage mental. Il a été utilisé par Vicente et al. (1987), Campagnoni et Ehrlich (1989), Seagull et Walker (1992), Chen (2000), Nilsson et Mayer (2002), Downing et al. (2005), Pilgrim (2007a) et Blustein (2008) (p. 42)
- Enfin, VZ-3, un test de pliage et dépliage mental, est utilisé uniquement par Zhang et Salvendy (2001) (p.43).

D'autres facteurs ont quelques fois été testés, comme la mémoire associative (Chen, 2000), mais toujours accompagnés d'au moins un test du facteur VZ.

Nous retrouvons dans trois études un autre type de test (Pazzaglia et al., 2008; Rouet et al., 2012; Vörös et al., 2008); le *Corsi bloc test*. Ce test nécessite de retenir un enchaînement de localisation spatiale : un expérimentateur montre des blocs sur un plateau de neuf blocs et le sujet doit remontrer le même enchaînement. L'expérimentateur allonge à chaque fois la chaîne (p.43).

Enfin, Dahlbäck et al. (1996) ont utilisé la *Düremann-Släde test battery*, une batterie de tests danoise de 1971 pour laquelle nous n'avons pas pu obtenir plus d'informations que celles données par Dahlbäck et al.(1996). Les auteurs se sont attachés à différencier les effets de tests d'habiletés internes et externes. Parmi les tests utilisés, le test de visualisation spatiale (pour les habiletés internes) devait se rapprocher de VZ-1 puisqu'il évaluait la rotation mentale. Quant au test d'habiletés externes, il s'agissait d'un test de construction à partir de blocs.

1.4 Les variables dépendantes

Si les HVS constituent pour le moins l'une des variables indépendantes étudiées pour l'ensemble des études présentées, les variables dépendantes diffèrent selon les articles. De fait, certaines sont directement liées à la tâche de navigation, alors que d'autres se réfèrent à un score à une post-tâche, ne se déroulant pas au sein de l'interface.

Les variables directement liées à la tâche de navigation se présentent la plupart du temps sous l'étiquette de performance à la tâche. Néanmoins, des mesures différentes sont utilisées par les auteurs. Certains utilisent le temps de résolution de la tâche comme indicateur de performance (Benyon & Murray, 1993; Campagnoni & Ehrlich, 1989; Seagull & Walker, 1992; Stanney & Salvendy, 1995; Vicente et al., 1987). Seagull et Walker (1992) ajoutent le temps de recherche (une dérivée de la mesure précédente qui sera expliquée ci-après). Dahlbäck et al. (1996) comptabilisent le nombre de clics et Blustein et al.(2008) et Nilsson et Mayer (2002) parlent de mesure d'efficacité (nombre moyen de pages visitées par tâche et temps moyen par question).

Dans le cadre d'une recherche d'information, le nombre d'items trouvés représente une variable dépendante (Chen, 2000; Downing et al., 2005; Zhang & Salvendy, 2001).

Blustein et al.(2008) utilisent également le sentiment de désorientation ressenti par les sujets comme variable dépendante.

2. Revue critique de la littérature

2.1 Les années 80

En 1987, **Vicente et al.** s'intéressent aux effets des « différences individuelles » dans la navigation hypermédia et testent 21 variables relevant tantôt de la cognition verbale, de la cognition spatiale, de l'expertise du système ou encore de données démographiques. Les habiletés visuo-spatiales ont été évaluées grâce aux tests sélectionnés dans le *Kit of Factor Referenced Cognitive Tests* (1976), à savoir, les tests C, F, P, S, SS, VZ et MS (p.40). Les auteurs utilisent un environnement graphique hiérarchique organisé en trois niveaux et contrôlé par douze boutons de commande. Les tâches des utilisateurs consistaient à localiser douze informations dans ce système. Leurs résultats communiquent quatre choses. Premièrement, parmi leurs 21 variables, six étaient significativement corrélées avec un de leurs indexs de performance (à savoir, le temps de réalisation de la tâche, le nombre total de commandes utilisées et le nombre de commandes différentes utilisées). Ces six variables relevaient soit de la cognition spatiale, soit de la cognition verbale, indiquant ainsi que les variables individuelles influençant le plus la navigation sont d'ordre verbal et d'ordre spatial. Deuxièmement, leurs résultats indiquaient également que le temps était l'index de performance le plus sensible aux variables. Troisièmement, une ANOVA a souligné que les individus avec de faibles habiletés visuo-spatiales prenaient deux fois plus de temps pour réaliser l'ensemble des tâches de localisation d'information. Ainsi, il était démontré statistiquement que les HVS jouent un rôle favorable dans la navigation hypertextuelle. Enfin, ils ont pu démontrer que les HVS- utilisaient les commandes ZOOM OUT, SCROLL UP et SCROLL DOWN plus souvent que les HVS+. Ils interprètent ce résultat comme indiquant que les sujets avec des HVS- se sentaient perdus dans la hiérarchie d'informations puisque ces derniers remontaient plus souvent en haut de cette hiérarchie.

Un détail attire notre attention : dans cette recherche, sur les trente sujets testés, une corrélation significative a été observée entre le fait d'avoir des HVS+ et l'expertise du système.

"*(…) people with more computer experience also tended to have better spatial ability, r(30)=0.39, p=0.03. One explanation for this result is that people with low spatial ability stay away from computer, and therefore never become experienced*." (Vicente et al., 1987, p. 356)

Par ailleurs, les auteurs ont noté que l'expertise du système seule ne variait pas en même temps que la rapidité de recherche. Plus qu'une raison d'attirance pour les environnements électroniques, nous pensons davantage au fait que l'utilisation d'ordinateurs a un effet

d'entrainement sur les HVS. En effet, Patricia Greenfield a souligné que l'usage des jeux vidéos développait certaines capacités cognitives spatiales, nous pensons que cet effet d'entrainement peut être obtenu à partir de l'usage de systèmes hypertextuels (Perriault, 1989).

La recherche de Vicente et al.(1987) a mis en évidence que les HVS et les habiletés verbales sont les habiletés influençant le plus la navigation hypertextuelle. Ils ont également souligné que le temps de navigation est l'indicateur le plus explicite pour rendre compte de la performance. Néanmoins, il faut noter que l'environnement hypertextuel utilisé pour cette recherche relevait davantage de la base de données. En effet, très sommaire, sans mise en page favorisant une convivialité, l'interface n'avait rien des sites web avec lesquels nous sommes habitués d'interagir aujourd'hui. L'environnement utilisé était un environnement de laboratoire, conçu pour l'expérimentation ou même le système de commande était particulier. La navigation dans l'interface se faisait à partir d'un écran tactile ne présentant pas moins de douze commandes différentes. Il est donc difficilement envisageable d'extrapoler ces résultats à des situations de navigation actuelles.

En 1989, **Campagnoni et Ehrlich** s'intéressent au rôle des HVS dans l'utilisation d'une application particulière : Sun3861 Help Viewer. Il s'agit d'une application d'aide à la navigation, une base de données structurée hiérarchiquement dans laquelle douze sujets devaient localiser une information en réponse à une question posée via une application mail. Les auteurs ont utilisé le test de cognition spatiale VZ-2 issu du *Kit of Factor Referenced Cognitive Tests* (Ekstrom et al., 1976). Les résultats ont montré une corrélation négative entre le score au test VZ-2 et le temps de résolution des tâches indiquant que plus le score au test VZ-2 était élevé, moins de temps le sujet prenait pour compléter l'ensemble des tâches. Les auteurs ont interprété ces résultats comme indiquant que les individus avec des HVS+ se construisaient un meilleur modèle mental de l'architecture informationnelle.

Cette recherche a pu démontrer le rôle des HVS dans une interface particulière ; une base de données. Les résultats sont encore une fois difficilement extrapolables aux situations de recherche d'informations actuelles. Pour exemple : le sujet devait aller chercher l'intitulé de la tâche dans une boite mails, alors que nous pouvons imaginer, qu'à l'époque, pour la plupart des individus, consulter un e-mail n'était pas quelque chose d'aussi familier qu'aujourd'hui (même si la plupart étaient étudiants en informatique).

Nous pouvons supposer que la spécificité des systèmes utilisés à l'époque et le manque de familiarité avec ceux-ci de la part de la plupart des individus, a obligé les participants à mettre en place une stratégie nouvelle, donnant à l'expérience une dimension heuristique, forçant les sujets à inventer une manière de faire. Nous savons, par ailleurs, que les individus conceptualisent métaphoriquement en termes spatiaux leurs expériences hypertextuelles (Collard & Fastrez, 2009; Maglio & Matlock, 1998). Il est donc fort probable que, se trouvant dans une situation nouvelle, les individus ont dû imaginer une façon de faire et qu'assez naturellement, ils aient mobilisé leurs HVS, puisque nous savons aujourd'hui que les individus conceptualisent leurs expériences informatiques dans des termes spatiaux. Il n'est donc pas surprenant que les individus utilisent des ressources cognitives spatiales et que, par conséquent, les HVS soient effectivement mobilisées dans la navigation hypertextuelle.

2.2 Avant les années 2000

Les recherches présentées jusqu'à présent se centraient sur les effets potentiels des HVS. Avec cette nouvelle décennie, les recherches vont davantage partir du fait que les individus présentant des HVS- sont désavantagés dans la navigation et croiser la variable HVS avec un certain type d'interface dans l'espoir de trouver les spécificités qui permettront d'aider les HVS- dans leur navigation.

En 1992, **Seagull et Walker** veulent déterminer si l'adaptation de la structure de l'interface informationnelle peut aider les individus avec de faibles HVS. Ils mettent en place un dispositif d'observation à partir d'une interface présentant 64 items et déclinée sous quatre formes de hiérarchies différentes : un niveau de hiérarchie contenant les 64 items, deux niveaux de hiérarchies avec huit catégories contenant chacune huit items, trois niveaux de hiérarchies avec quatre catégories contenant chacune quatre sous-catégories contenant quatre items et enfin, une version mixte, constituée de 6 catégories contenant soit, directement des items, soit des sous catégories contenant des items. Malheureusement, l'article ne communique pas le domaine sur lequel portaient ces items. Il est donc difficile de juger de la pertinence sémantique de telles organisations. Les participants ont été testés cognitivement grâce aux tests VZ-2, CF-2, P-2, SS-1 et V-4 du *Kit of factor referenced cognitive tests* (Ekstrom et al., 1976) (p.40). Chaque sujet a dû effectuer quatre tâches de localisation d'information au sein des quatre interfaces, quatre fois, soit 64 tâches. L'ordre des différentes structures naviguées restait le même tout au long du processus pour chaque participant, mais était attribué au hasard aux sujets. Les auteurs se sont intéressés aux effets des HVS et de la structure sur le temps de performance (c'est à dire,

ici, le temps de solution des tâches). Ensuite, le temps de solution a été remplacé par une autre mesure, le temps de recherche. Le temps de recherche est constitué de trois composantes : le temps de réponse du système, le temps de réponse du sujet et le temps de recherche et de prise de décision du sujet. Les auteurs ont observés une corrélation significative entre les HVS et le temps de recherche. Mais les auteurs ont également calculé une corrélation significative entre les HVS et le temps de performance. Ensuite, les participants ont été divisés en deux groupes ; HVS+ (le tiers supérieur) et HVS- (le tiers inférieur). Un effet significatif des HVS sur le temps de performance ($p<.001$) a été observé. Aucun effet significatif n'a pu être observé entre les HVS et le nombre d'erreurs (c'est-à-dire la sélection de chemins incorrects).
Ainsi, Seagull et Walker (1992) ont observé l'implication des HVS dans la navigation hypertextuelle. Notons tout de même que parmi les tests effectués, une grande variété d'habiletés étaient testées. Certaines évaluaient la capacité à identifier une forme géométrique au sein d'un schéma plus complexe (CF-2), d'autres la capacité à plier et déplier des images mentalement (VZ-2), d'élaborer un chemin au sein d'un labyrinthe (SS-1), ou encore à identifier un mot ne faisant pas partie du même champ sémantique que les autres mots d'une liste (V-4). Pour la dernière, il ne s'agit pas en réalité d'une HVS. Ce sont donc des habiletés cognitives de nature différentes qui ont été testées et regroupées sous un même score. Il aurait été intéressant de savoir lesquelles des ces habiletés interagissent le plus avec la mesure de temps de performance ou temps de recherche.

En 1993, **Benyon et Murray** veulent également proposer une interface adaptée aux individus avec des HVS-. Pour ce faire, ils ont dans un premier temps réalisé une expérience pilote. Les tâches de localisation d'information se déroulaient à travers une base de données d'un catalogue de vente en ligne. L'interface a été déclinée en cinq versions caractérisées comme suit : interface iconique, bouton, commande, menu et question (malheureusement, les caractéristiques de ces versions ne sont pas développées dans l'article). Vingt-quatre participants ont accompli les mêmes tâches dans chaque interface. Les HVS des participants ont été testées, mais l'article ne communique pas le type de tests utilisé. L'évaluation de la navigation se basait sur le temps d'accomplissement des tâches. A partir des résultats aux tests cognitifs, les participants ont été classés en deux groupes ; les HVS+ et les HVS-. Les résultats montrent que dans l'interface « bouton », les HVS- ont tendance à prendre plus de temps que les HVS+ ($p<.1$), dans l'interface « iconique », les HVS- ont tendance à être un peu plus rapide que les HVS+ ($p<.1$). Dans l'interface de type « menu », il n'y a pas de différence significative. Pour l'interface de type « question », les HVS- avaient tendance à prendre plus de temps que les HVS+ ($p<.1$). Enfin,

la corrélation la plus importante et la seule significative ($p<.01$) se manifestait pour l'interface de type « commande », où les HVS- prenaient davantage de temps que les HVS+.

A partir de cette étude exploratoire, Benyon et Murray (1993) prennent en compte l'effet des HVS dans la navigation à travers un espace informationnel. Néanmoins, l'article ne définit pas clairement les interfaces proposées et ne communique pas au sujet des tests cognitifs utilisés, ni au sujet de la distribution des scores aux tests d'HVS. Nous nous interrogeons si la division des 24 sujets en 12 forts et 12 faibles, avait réellement du sens au vu des scores. Ce qui ressort de cette étude, c'est l'effet qualitatif du type d'interface sur la performance des utilisateurs.

Stanney et Salvendy (1995) ont également pour objectif de proposer une interface adaptée aux individus avec des HVS-. Ils parlent de « *visual mediators* » pour caractériser les propriétés du système qui devraient aider les HVS- à y naviguer. Ils déclinent donc trois types d'interfaces informationnelles présentant chacune un médiateur visuel censé faciliter la navigation des HVS-. La première, ne possède pas de médiateur visuel, au contraire, en présentant un menu ne reprenant les composantes que d'un seul niveau de hiérarchie, elle devait obliger l'utilisateur à se construire une représentation mentale de l'ensemble de la structure. La deuxième présente un graphique affichant tous les niveaux de hiérarchies (désignée comme l'interface 2D). La dernière présente la structure de façon linéaire sous forme d'une table des matières (désignée comme l'interface linéaire). Les auteurs ont testé cognitivement 74 étudiants avec la batterie de tests d'Ekstrom et al.(Ekstrom et al., 1976). Ils ne précisent pas exactement quels facteurs ils ont testés, mais d'après leur description, il s'agirait vraisemblablement des facteurs S et VZ. Ils ont conservé les douze sujets présentant les meilleurs scores aux tests ainsi que les douze moins bons. Chaque sujet a expérimenté les trois interfaces et a dû y localiser des items. Le temps de réalisation des tâches a été mesuré pour chaque participant. Lors du traitement des données, les auteurs ont notamment utilisé le test de Ducan afin de vérifier des différences de performance entre les HVS+ et les HVS- selon les interfaces. Leurs résultats n'indiquent aucune différence significative entre les HVS+ et les HVS- dans la navigation dans l'interface 2D et dans l'interface linéaire. Par contre, dans l'interface sans médiateur visuel, les HVS- ont pris significativement plus de temps que les HVS+ pour réaliser les tâches. Ils soulignent que les HVS- n'ont pas eu besoin de plus de temps de navigation dans l'une des deux interfaces avec médiateur visuel.

Dans cette recherche, Stanney et Salvendy (1995) ont souligné le rôle des HVS dans une interface particulière, conçue pour que les utilisateurs soient dans l'obligation de se construire une représentation mentale de l'interface. L'insertion d'un médiateur visuel viendrait pallier le

déficit des HVS-, suggérant que les HVS jouent un rôle lors de la construction du modèle mental de l'interface.

Dahlbäck et al. (1996) s'intéressent aux HVS, mais en y apportant une nuance. En effet, ils distinguent les habiletés internes, ne nécessitant pas de manipulations physiques (tests de rotations d'images par exemple), et ceux le nécessitant (construction spatiale à partir de blocs, par exemple). Les tests utilisés venaient de la batterie de tests Düremann Släde. Ils ont demandé à 23 sujets de répondre à des questions sur un logiciel en cherchant la réponse dans un manuel en ligne. Les auteurs mettent l'accent sur la nature spatiale de cette interface où les relations entre les nœuds sont clairement spatialisées, obligeant l'utilisateur à mobiliser autre chose que ses connaissances du domaine présenté. Les participants ont réalisé six tâches de recherche d'information. Après chacune, on leur demandait s'ils pensaient avoir trouvé la bonne information et s'ils pensaient l'avoir trouvée de la façon la plus efficace. La navigation était enregistrée par vidéo, le temps a été comptabilisé, tout comme le nombre de clics. Enfin, une carte du parcours des sujets dans l'hypertexte a été générée. Les résultats indiquent une forte corrélation des HVS internes avec la rapidité de réponse, mais aucun effet des HVS externes sur la rapidité. Cela permet aux auteurs de démontrer que les HVS jouent effectivement un rôle dans la recherche d'information dans un environnement hypertextuel et souligne l'intérêt de distinguer les HVS internes des HVS externes.

Par rapport aux autres recherches présentées, celles-ci se distinguent de par les tests utilisés. Les auteurs amènent une distinction intéressante au sujet du type d'HVS ayant le plus d'implication : les HVS internes.

2.3 Les années 2000

En 2000, **Chen** publie une double étude au sujet du rôle de trois facteurs cognitifs dans la navigation hypertextuelle : les habiletés spatiales, la mémoire visuelle et la mémoire associative. Ces trois facteurs cognitifs ont été évalués grâce à la batterie de tests du *Kit of Factors Referenced Cognitve Tests* (Ekstrom et al., 1976), à savoir, les tests VZ-2, ME-1 et MA-1 (p.40). Nous présenterons ici uniquement la seconde étude puisque c'est elle qui questionne le rôle des habiletés visuo-spatiales dans la performance de recherche d'information. L'auteure s'est intéressée à deux variables ; les habiletés visuo-spatiales (VZ-2) et la mémoire associative (MA-1). Douze participants devaient chercher le plus d'articles possible au sujet de quatre thèmes. Deux interfaces ont été utilisées : l'une spatiale et l'autre textuelle. Les participants disposaient de dix minutes pour chaque thème, ensuite ils devaient répondre à un

questionnaire au sujet de connaissances qu'ils avaient sur le thème qui venait de leur être proposé. A la fin des quatre tâches de recherche, les participants devaient répondre à un questionnaire au sujet des interfaces qu'ils venaient d'expérimenter. Aucun effet significatif des habiletés spatiales (VZ-2) n'a été observé sur les performances de recherche. Une corrélation a été observée entre le fait que les utilisateurs aient déclaré une familiarité dans les tâches de recherche d'information dans l'interface textuelle et leur score à VZ-2.

Cette étude ne peut donc démontrer l'influence des HVS dans la performance de recherche d'information dans un hypermédia. Néanmoins, nous ne pouvons pas nier l'implication des HVS dans la recherche d'information hypertextuelle, puisque les individus présentant un score élevé au test VZ-2 ont rapporté s'être sentis « familier » avec ces tâches de recherche. Cet article nous pousse donc à dépasser les mesures d'efficacité, les données quantitatives et nous encourage à nous intéresser à la manière dont procèdent les individus, dans une perspective davantage qualitative.

Dans leur article, **Zhang et Salvendy** (2001) tentent de démontrer l'intérêt d'un aperçu de la structure de l'interface (c'est-à-dire, un menu où en cliquant sur un élément, un sous-menu apparaît, tout en gardant le premier ouvert) pour aider la navigation des HVS-. Les auteurs ont donc testé les HVS de 138 étudiants grâce au test VZ-3 du *Kit of factor referenced cognitive tests* (Ekstrom et al., 1976). Ils ont ensuite gardé 20 HVS- et 20 HVS+. Ils ont mis en place un dispositif expérimental afin de vérifier trois hypothèses. Premièrement, dans le cadre de tâches de recherche d'items (nous parlerons de localisation d'information) dans une interface « conventionnelle » (sans aperçu de la structure), les individus avec des HVS+ devraient réaliser une meilleure performance (c'est-à-dire localiser plus d'items et réaliser le moins d'étapes de navigation par item trouvé) que les HVS-. Deuxièmement, les individus avec des HVS+ et ceux avec des HVS- devraient être plus performants dans une interface avec aperçu de la structure que dans une interface sans. Enfin, les HVS- devraient moins bien mémoriser la structure de l'interface sans aperçu que les HVS+. Mais dans l'interface avec aperçu, les HVS- devraient être aidé davantage et il ne devrait plus y avoir de différence significative entre la mémorisation de l'interface des HVS- et des HVS+. L'expérimentation s'est déclinée en quatre parties : dix participants HVS+ et dix HVS- ont interagit avec l'interface avec aperçu de la structure, et dix HVS- et dix HVS+ ont expérimenté l'interface sans l'aperçu. Après une familiarisation avec le logiciel, les participants devaient localiser 60 pages. L'expérimentation se clôturait après 30 minutes. Après la localisation d'information, les participants ont effectué un test de rappel de la structure du système. Les auteurs ont demandé aux participants de se souvenir de

l'organisation d'autant d'items qu'ils le pouvaient. Les variables dépendantes de cette expérimentation étaient donc, le nombre d'items trouvés, le nombre d'étapes nécessaires par item et le score au test de rappel. Les variables indépendantes étaient les HVS+/- et le type d'interface (avec aperçu/sans aperçu). Les résultats statistiques ont démontré un effet significatif des HVS sur le nombre d'items trouvés et sur le nombre d'étapes nécessaires pour réaliser la tâche dans une interface sans aperçu de la structure. Il a été observé un effet significatif du type d'interface sur le nombre d'étapes nécessaires pour localiser un item, mais pas sur le nombre d'items trouvés. Enfin, aucun effet significatif des HVS sur le score au test de rappel n'a été observé pour aucun type d'interface. Ainsi, HVS- et HVS+ auraient les mêmes propensions à se souvenir de la structure de l'interface.

Zhang et Salvendy (2001), n'ont pas pu vérifier toutes leurs hypothèses, mais ce qui est intéressant c'est de voir que les HVS jouent effectivement un rôle dans la qualité de la navigation (nombre d'étapes pour réaliser la tâche) et dans la performance (nombre d'items trouvés) mais pas sur la capacité à mémoriser la structure. La capacité à mémoriser la structure ne serait pas un bon indicateur de la performance de navigation? Notons tout de même le procédé regrettable du choix de l'échantillon. En effet, parmi les 138 sujets testés, 20 participants ayant eu un score inférieur à 15 ont été sélectionnés et désignés HVS- tandis que 20 participants ayant eu un score supérieur à 15 ont été sélectionnés et désignés comme HVS+. Le choix du score de 15 est surprenant au vu de la distribution des scores ; la médiane étant à 17 et la moyenne de 13,1. Il aurait été préférable de garder le premier tiers et le dernier tiers.

Nilsson et Mayer (2002) s'intéressent au rôle des aides à la navigation telles que les organiseurs graphiques, c'est-à-dire, des aides à la navigation présentant le contenu informationnel au sein d'un graphique, permettant ainsi de visualiser les liens entre les différentes pages. Ils mettent en place deux expérimentations. Nous ne présenterons ici que la seconde puisque c'est celle-ci qui évalue les effets des HVS dans l'efficacité de navigation. Les auteurs ont créé un site web sur les animaux aquatiques décliné en deux version : l'une explicite (avec un cadre en bas de chaque page indiquant les liens relatifs à l'emplacement de la page consultée au sein des trois hiérarchies organisant le site, à la façon d'un *breadcrumb*) et l'une implicite (une colonne présentant les mêmes liens que dans la version de type explicite, mais classées par ordre alphabétique et non hiérarchique). Les sujets devaient répondre à 30 questions de localisation d'information, dont les 20 premières étaient considérées comme phase d'entrainement et les dix dernières, comme phase de test. Les mesures dépendantes étaient l'efficacité à la phase d'entrainement, l'efficacité à la phase de test, les stratégies à la phase de test, l'avis des

participants sur la convivialité du site et enfin, l'exactitude de la recherche pour la phase de test. Les participants ont notamment été soumis au test VZ-2 du *Kit of factor referenced cognitive test* (1976). Lors du traitement des résultats, les participants ont été divisés en deux groupes d'après la médiane :un groupe d'HVS+ et un groupe d'HVS-. Les résultats indiquent que lors de la phase d'entrainement, aucune différence significative n'a été observée entre le nombre moyen de pages visitées par question, par les HVS+ et les HVS-. Néanmoins, lors de la phase test, un effet significatif a été observé entre les HVS et le nombre moyen de pages visitées. Les HVS+ visitant moins de pages par tâche que les HVS- ($p<.05$).

Ce qui est intéressant dans cette étude, c'est que les HVS n'ont pas d'effet significatif durant les 20 premières tâches, soit la phase d'entrainement, mais bien durant la phase de test (les dix dernières questions). Ainsi, les HVS+ s'améliorent davantage dans la version explicite de l'interface que les HVS-, alors que dans la version implicite les HVS+ et les HVS- s'améliorent de façon semblable. Nous pouvons avancer, que les HVS+ tirent mieux parti de l'aide à la navigation explicite que les HVS-.

Downing et al.(2005) tentent de comprendre les implications des HVS et du domaine d'expertise dans la recherche d'information dans un système électronique. Ils mettent en place un dispositif basé sur un logiciel de recherches bibliographiques. Les participants (des étudiants en biologie et des étudiants en économie) devaient rechercher le plus d'articles pertinents pour répondre à une question basée sur l'une de ces trois thématiques : une thématique neutre (ni biologie, ni économie), deux questions sur une thématique biologique et deux questions sur une thématique économique. L'une des questions auxquelles l'étude tentait de répondre est la suivante : les HVS influencent-elles le temps nécessaire pour trouver le premier article et le nombre total d'articles trouvés ? Dans un premier temps les HVS des 35 participants ont été évaluées grâce aux tests VZ-1 et VZ-2 du *Kit of factor referenced cognitive test* (Ekstrom et al., 1976). Les participants ont ensuite réalisé les tâches de recherche d'information. Pour le traitement des données, les participants ont été divisés en deux groupes, d'après la médiane ; HVS+/HVS-. Les deux variables dépendantes (le temps pour trouver le premier article et le nombre total d'articles pertinents) ont été analysées en utilisant une analyse de covariance (ANCOVA). Ces analyses ont révélé un effet significatif des HVS sur le temps nécessaire pour trouver le premier article, mais aucun effet significatif des HVS n'a été observé sur le nombre total d'articles trouvés. Par contre, un effet significatif a été observé entre l'expertise des sujets et le temps nécessaire pour trouver le premier article et le temps sur le nombre total d'article trouvé.

Les auteurs ont utilisé ici un dispositif particulier qui a induit un changement considérable dans la tâche de recherche d'information : le moteur de recherche. L'utilisation d'un moteur de recherche, le choix des mots-clés, nécessite des compétences spécifiques, ce qui rend cette étude peu comparable à celles déjà présentées. Downing et al.(2005) ont pu mettre en évidence le rôle des HVS sur le temps nécessaire à trouver le premier article, mais aucun effet sur le nombre total d'articles pertinents trouvés. Nous pourrions avancer que les HVS sont davantage mobilisées lors de la prise en main d'un logiciel. Ce qui va à l'encontre des résultats de Nilsson et Mayer (2002) qui n'avaient observé aucun effet significatif des HVS lors de la phase d'entrainement, mais bien lors de la phase de test. Pour être précise, Nilsson et Mayer (2002) ont observé que les HVS+ ont besoin de temps pour mettre à profit leur avantage et devancer les HVS- dans une structure explicite et Downing et al. (2005) ont mis en évidence que dans le contexte de formulation de requêtes les HVS+ présentent un avantage qu'ils ont tendance à perdre au fil du temps d'interaction. Il semblerait donc que ce soit la tâche qui affecte le rôle des HVS, mais en l'état, rien n'explique comment ni pourquoi.

En 2007, **Pilgrim** étudie les relations entre les habiletés visuo-spatiales des utilisateurs et leur tendance à sélectionner un outil de navigation visuel, à savoir un plan. Pilgrim a donc observé 50 participants devant naviguer dans huit sites web différents et compléter huit tâches de recherche d'information. Parmi ces huit tâches, quatre étaient désignées par l'auteur comme étant des « *open tasks* », c'est-à-dire des questions ouvertes du type : « Décrivez le site web que vous venez de visiter. ». Les quatre autres tâches étaient du type « *closed tasks* » ; des tâches fermées que nous pouvons désigner comme des tâches de localisation d'information. Les habiletés visuo-spatiales ont été testées grâce au test VZ-2 du *Kit of factor cognitive tests* (Ekstrom et al., 1976). L'auteur a classé les participants en trois groupes : les faibles, les moyens et les forts. Il a ensuite effectué un test de comparaison de moyennes entre ces groupes (test de Tukey). Les résultats indiquent que les individus avec des HVS+ ont tendance à consulter le plan plus souvent que les individus présentant des HVS-.

Cette étude a donc mis en relation la consultation de la carte et les HVS dans un type de tâche particulier : *open tasks*. Il ne s'agit pas ici de dire que les HVS jouent un rôle dans la performance, puisque rien dans l'étude n'indique que les HVS+ étaient plus rapides ou plus efficace. Il s'agit ici de démontrer que les HVS+ ont tendance à utiliser une stratégie particulière, celle de l'utilisation de la carte. Par ailleurs, nous regrettons l'absence d'information au sujet des observations concernant les *closed tasks*.

Pazzaglia et al. (2008) tentent de comprendre l'implication de la mémoire de travail verbale et spatiale par rapport à l'implication de la mémoire à court terme. Ils ont testé 92 élèves italiens en leur demandant de naviguer dans un hypermédia basé en partie sur un programme informatique d'apprentissage de la géographie. Les élèves pouvaient donc naviguer à travers le continent européen et découvrir des informations géographiques, économiques, politiques, etc., sur les différents pays. Dans le cadre de l'étude, les élèves étaient invités à se concentrer sur l'Allemagne et à essayer pendant 18 minutes de trouver et de mémoriser autant d'informations que possible sur la géographie et la politique du pays. Les informations étaient présentées selon trois modalités conjointes : sur chaque page, une voix racontait un contenu informationnel, un texte résumait ce contenu et des images illustraient les propos. Ensuite les auteurs ont soumis les élèves à deux tâches : l'une sémantique et l'autre spatiale (*the map task*). Nous n'aborderons ici que les aspects relatifs à l'évaluation de l'implication de compétences spatiales. Le présupposé qui sous-tend la tâche de la carte (la tâche spatiale) est le suivant : les individus qui auraient conscience de la structure hypertextuelle auraient des facilités à y naviguer. Pour évaluer cette « conscience de la structure », quatre plans de la structure de l'hypertexte ont été présentés aux élèves et ils devaient choisir celui qui représentait correctement le site. La mémoire visuo-spatiale à court terme des participants a été évaluée grâce au *Corsi block test*. Pour la mémoire de travail spatiale, c'est le test de la matrice de points qui a été utilisé. Aucune corrélation n'a pu être observée entre les résultats à la tâche de la carte et les résultats aux tests de mémoire à court terme (le C*orsi block test* pour l'aspect spatial). Par ailleurs, une corrélation significative a été observée entre le test de la matrice de points (mémoire de travail) et la tâche de la carte. Une régression a également été calculée et a indiqué que les résultats au test de la matrice de points prédisaient les résultats au test de la carte.

Ainsi, cette étude met en évidence le rôle d'un certain type d'habiletés visuo-spatiales, celles reliées à la mémoire de travail, dans la navigation hypertextuelle. Cette recherche a pour particularité qu'elle n'a pas évalué la qualité de la navigation des participants. Elle s'appuie sur la potentialité que, avoir conscience de la structure de l'interface permet une meilleure navigation. Au-delà du fait que ces résultats contredisent ceux de Zhang et Salvendy (2001) exposés plus haut, nous nous interrogeons si le fait d'être conscient de la structure de l'hyperdocument est réellement un avantage à la navigation ? Ou plutôt, le fait de ne pas être conscient de la structure est-il un réel désavantage ? Ces individus ne peuvent-ils pas pallier à ce déficit grâce à d'autres dispositions (sémantiques, par exemple) leur permettant une navigation tout aussi efficace ? Comme nous l'avons exposé plus haut, les résultats de Stanney

et Salvendy (1995) soulignent l'importance de la construction mentale de l'environnement qui peut être palliée grâce, par exemple, à un médiateur visuel.

En 2008, **Vörös et al.** tentent de démontrer l'intérêt d'une carte du contenus du site pour aider les individus avec des HVS-. Plus précisément, cette carte devrait aider les sujets à retenir la structure du site qu'ils expérimentent. Trente-deux participants ont été testés. Seize hypertextes ont été créés. Ceux-ci étaient construits hiérarchiquement à partir de quatre thèmes. Pour chaque thème, ils ont créé une version de 9 pages et une version de 12 pages déclinées chacune en une version avec carte et sans carte. Les participants devaient naviguer en essayant de se souvenir du contenu et de la structure des liens. Les sujets ont navigué dans 4 hypertextes à la thématique différente, une fois dans une versions 9 pages avec carte, une fois dans une version 9 pages sans carte, dans une version de 12 pages avec carte et de 12 pages sans carte. Chaque navigation pour chaque hypertexte durait trois minutes. Entre les deux premières et les deux dernières navigations, les sujets ont été testés cognitivement grâce à une version informatique du *Corsi block tests*. Ensuite, les participants ont dû dessiner la structure des sites à partir d'une liste d'items qui leur était proposée. A partir de cette tâche, les auteurs ont évalué la perception de *landmarks* et de *route knowledge* (Siegel & White, 1975). Pour le traitement des données, les auteurs ont gardé les huit participants présentant les moins bons scores au test visuo-spatial et les 9 participants présentant les plus hauts scores. Leurs analyses ont mis en évidence que les individus avec des HVS+ se souvenaient de plus de route que les HVS-, mais la présence de la carte, effaçait complètement cet effet. Les auteurs confirmaient ainsi leurs prédictions, démontrant qu'une carte du contenu du site aidait les HVS- à intégrer les *route*, c'est-à-dire les hyperliens qui structurent l'interface.

Cette recherche empirique a mis en évidence le rôle des HVS dans la capacité à intégrer la structure du site. Mais la qualité ou la performance de navigation n'a pas été évaluée. Les individus qui sont capables de restituer la structure de l'interface naviguent-ils plus efficacement que ceux qui n'en sont pas capables ? Cet article ne répond pas à cette question. Notons également que la tâche donnée aux participants, n'est pas une recherche d'information. Nous pouvons supposer que lors d'une recherche d'information, l'attention étant portée sur l'item-cible de la recherche, l'utilisateur a moins conscience de la structure du document et les résultats de cette étude ne seraient peut-être pas observés.

L'article de **Blustein et al.** (2008) présente une étude dont l'objectif est de comprendre le rôle des HVS dans l'utilisation de sites web. Ils font également l'hypothèse d'un effet potentiel des

HVS sur la façon dont l'outil d'aide à la navigation « *breadcrumb* » est présenté. Les 26 participants ont réalisé des tâches de localisation d'information dans un large site web structuré hiérarchiquement. Pour deux tâches, un *breadcrumb* non cliquable était disponible et pour les deux autres, c'était un *breadcrumb* cliquable. Le bouton « back », était quant à lui accessible pour toutes les tâches. Au préalable, les participants ont été soumis aux tests VZ-2 et VZ-3 du *Kit of factor referenced cognitive tests* (Ekstrom et al., 1976). Les variables dépendantes étaient la rapidité, l'exactitude, le sentiment de désorientation, l'efficacité (Smith, 1996) (p. 98) et la préférence d'utilisation de l'un ou l'autre type de *breadcrumb*. Les auteurs ont effectué des ANOVAs avec comme facteur intra-sujet le type de *breadcrumb* et comme facteur inter-sujet les HVS. Aucun résultat significatif impliquant les HVS n'a été observé pour aucune des interfaces. Ils ont ensuite réalisé des tests *t* qui ont pu démontrer deux choses : les HVS+ étaient plus efficaces (les conditions de navigation par rapport aux interfaces ne sont pas différenciées) que les HVS-, les HVS+ utilisaient moins souvent le bouton « back ».

Dans cette étude, les ANOVAs n'ont pas pu donner de résultats significatifs, les HVS n'ont donc pas présenté d'effets dans aucune des deux interfaces présentées. Néanmoins, ce ne fut pas le cas pour le test *t*, qui a pu rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle l'effet des HVS sur l'efficacité n'est pas dû au hasard. Le rôle du type d'aide à la navigation (ne présentant pas d'effet), n'est quasi pas abordé. Les auteurs concluent simplement que comme il n'y a pas d'effet, c'est un outil qui convient pour les HVS+ et les HVS-. Les résultats de Nilsson et Mayer (2002) suggéraient, quant à eux, que les HVS+ tiraient davantage parti d'une aide à la navigation de type *breadcrumb* que les HVS-.

Récemment, ***Rouet* et al.** (2012), proposent une expérimentation dont l'objectif est de comprendre comment les individus avec de faibles HVS sont capables d'encoder mentalement la structure de l'hyperdocument qu'ils expérimentent. Ils ont créé quatre hypertextes sur quatre thèmes différents. Chaque hypertexte a été décliné en deux versions : une courte (9 pages) et une longue (12 pages). Lesquelles présentaient deux variantes : avec carte et sans carte. Ainsi, seize hypertextes ont donc été créés. Dans un premier temps, les participants ont été introduits à l'utilisation de l'interface. Ensuite, il a été demandé aux participants de naviguer dans la structure pendant trois minutes afin de trouver et de retenir le plus d'information possible. Ils ont réalisé cette tâche une fois dans une version de 9 pages et une fois dans une version de 12 pages. Ensuite, les participants ont été soumis au *Corsi block test* et à un test de compréhension à la lecture. Après cela, les participants ont interagit pendant trois minutes (même consigne que précédemment) avec les versions d'hypertextes carte/sans carte, selon le protocole qui leur était

attribué. Enfin, deux post-tests ont été soumis aux participants afin d'évaluer la mémorisation du contenu de l'interface. Le premier test était de nature sémantique, les sujets devaient associer des noms d'animaux à des contenus sémantiques. L'autre test, de nature spatiale, consistait à dessiner un diagramme associant différents items proposés. Lors du traitement des résultats, les participants ont été divisés en deux groupes en fonction de leurs scores au *Corsi block test*. Plusieurs ANOVAs ont été réalisées. Les résultats indiquent que les HVS+ sont plus performants (aux post-tests) que les HVS-, et que les participants se souviennent mieux de la structure de l'hypertexte de 9 pages que de celui de 12 pages. Les auteurs ont également pu mettre en évidence que les individus avec des HVS- avaient plus de difficultés à intégrer les liens plus profonds, plus spécifiques. Mais aucune interaction significative de la carte sur la performance aux post-tests n'a été observée.

Rouet et al. (2012) ont souligné l'implication des HVS dans la navigation hypertextuelle. Ce qui est intéressant, c'est que le *Corsi Block test* avait été utilisé par Pazzaglia et al. (2008) dans le cadre d'une interaction et d'une évaluation assez semblable à celle de Rouet et al. (2012), mais sans résultats significatifs. Ici aussi, les auteurs n'ont pas évalué une tâche de navigation mais la capacité des individus à intégrer et restituer la structure de l'hyperdocument expérimenté. Mais la question reste posée, n'est-il pas possible de naviguer efficacement si nous n'avons pas une représentation spatiale fidèle à la structure de l'interface ?

3. Synthèse

Cette revue de la littérature a permis de mettre en évidence d'une part la diversité des résultats obtenus en tentant de démontrer l'implication des HVS dans la recherche d'information dans un environnement hypertextuel, et d'autre part, la diversité des protocoles mis en place. Voici un tableau de synthèse (Figure 17) reprenant les 15 articles présentés et récapitulant pour chacun le type d'interface (plus précisément, sa structure), la tâche mise en place, les tests cognitifs utilisés, la variable dépendante observée et les résultats.

Auteurs	Structure de l'interface	Tâches	Tests cognitifs	Variables dépendantes	Résultats
Vicente *et al*, 1987	Hiérarchique (3 niveaux) avec douze commandes de recherche.	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): CF,P, S, SS, VZ-1/2, MS	Temps de solution des tâches.	Les HVS- prennent deux fois plus de temps que les HVS+.
Campagnoni et Ehrlich, 1989	Help Viewer : Hiérarchique.	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-2	Temps de solution des tâches.	Plus le score aux HVS est élevé, plus le temps de résolution est bas.
Seagull et Walker, 1992	Hypertexte de 64 nœuds informationnels décliné en 4 structures (1 niveau, 2 niveaux, 3 niveaux et mixte.)	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-2, CF-2, P-2, SS-1 et V-4	Temps de performance (temps de réalisation de la tâche) et temps de recherche.	Corrélation significative entre les HVS et le temps de performance et temps de recherche.
Benyon et Murray, 1993	Base de données d'un catalogue en ligne déclinée en 5 interfaces : menu, bouton, iconique, question, commande.	Localisation d'information.	NC	Temps de solution des tâches.	Les HVS+ sont plus rapides dans 3 interfaces sur 5.
Stanney et Slavendy, 1995	Trois interfaces hiérarchiques avec des médiateurs visuels différents.	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): S et VZ	Temps de solution des tâches.	Uniquement différence significative pour les HVS dans un type d'interface.
Dahlbäck et al., 1996	Outil hypertextuel	Recherche d'information.	Düremann-Släde test battery (1971) Internes ><externes.	Temps/ nombre de clics/ carte des déplacements.	Significatif pour les HVS internes.
Chen, 2000	Interface de compilation d'articles : version spatiale/version textuelle.	Recherche d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): MA-1, VZ-2.	Performance de recherche : test de rappel de la structure, précision et nombre d'articles.	Aucune significativité pour HVS et performance (sauf pour la tâche 3) Significatif pour familiarité et HVS.

Zhang et Salvendy (2001)	Structure hiérarchique déclinée en deux versions : avec aperçu de la structure et sans.	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-3.	Nombre d'articles trouvés/ nombre d'étapes nécessaires à la réalisation des tâches/ test de rappel de la structure.	Effet significatif des HVS sur le nombre d'item trouvé et sur le nombre d'étapes nécessaires dans l'interface sans aperçu. Pas d'effet des HVS sur le test de rappel.
Nilsson et Mayer, 2002	Hypertexte structuré en trois hiérarchies.	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-2.	Efficacité : nombre moyen de pages visitées par question et temps moyen par question.	Significatif entre HVS et nombre moyen de pages visitées par tâche uniquement pour la phase test.
Downing et al. 2005	Logiciel de recherche bibliographique	Recherche exhaustive.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-1 et VZ-2	Temps pour trouver le premier article et nombre total d'articles pertinents trouvés.	Effet significatif des HVS sur le temps nécessaire pour trouver le 1er article. Pas d'effet sur le nombre total d'articles trouvés.
Pilgrim, 2007	Sites web commercial et non commercial avec carte.	Localisation d'information + « *open tasks* ».	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-2	Le nombre de fois qu'ils ont consulté la carte.	Les HVS+ consultent plus souvent le plan que les HVS- dans le cadre d'*open tasks*.
Pazzaglia et al., 2008	Programme d'apprentissage à la géographie, structuré hiérarchique-ment sur trois niveaux.	Navigation libre.	Corsi block test et test de la matrice de points.	Résultat à une post-tâche: identifier la structure correcte du document parmi des propositions.	Corrélation et régression significative entre test de la matrice de points et tâche spatiale.
Vöröz et al., 2008	4 hypertextes sur des thèmes différents	Navigation libre	Version informa-tisée du	Capacité à redessiner la structure	Les HVS+ se souviennent mieux des

	déclinés en 4 versions : 9 pages (carte/sans carte) et 12 pages (carte/sans carte).		Corsi Block test.	évaluée en *landmarks knowledge* et *route knowledge*.	routes, des hyperliens qui structurent l'interface.
Blustein et al.,2008	Large site hiérarchique aevc deux aides à la navigation différentes	Localisation d'information.	KFRCT (Ekstrom et al., 1976): VZ-2 et VZ-3	Rapidité, exactitude, lostness, efficacité.	ANOVAs: HVS-type d'interface : aucun effet Test *t* HVS+, plus efficaces et moins de bouton back.
Rouet et al. 2012	4 hypertextes sur des thèmes différents déclinés en 4 versions : 9 pages (carte/sans carte) et 12 pages (carte/sans carte).	Navigation libre.	Corsi Block test.	Associations d'items et dessin de la structure.	HVS+ plus performants aux post-tests. HVS- se souviennent moins bien des niveaux plus spécifiques. Aucun effet de la carte.

Figure 17:Tableau de synthèse de la revue de la littérature

Nous allons ici présenter de façon synthétique les éléments qui diffèrent parmi les études présentées. Ensuite, nous terminerons en résumant les paramètres communs de ces recherches avec ceux du dispositif que nous avons mis en place.

3.1 Paramètres différents

Nous notons, pour commencer, deux tendances en termes d'objectifs des recherches présentées. La première consiste à démontrer le rôle des HVS dans la navigation hypertextuelle. Le plus souvent, elles ne s'intéressent pas uniquement aux HVS mais aux différences individuelles de façon plus générale (Brand-Gruwel et al., 2005; Campagnoni & Ehrlich, 1989; Chen, 2000; Downing et al., 2005; Vicente et al., 1987). Parfois, elles comparent deux types d'habiletés comme mémoire de travail/mémoire à court terme (Pazzaglia et al., 2008) ou habiletés interne/externe (Dahlbäck et al., 1996). La seconde tendance a pour objectif d'aider les individus avec de faibles HVS en mettant en place des spécificités au niveau de la structure de l'hypermédia (Benyon & Murray, 1993; Blustein et al., 2008; Nilsson & Mayer, 2002; Seagull & Walker, 1992; Stanney & Salvendy, 1995; Vörös et al., 2008; Zhang & Salvendy, 2001). Certains étudient les HVS en interaction avec une propriété du système afin d'isoler les

conditions de navigation favorables aux HVS- (Pilgrim, 2007a; Rouet et al., 2012; Vörös et al., 2008). Ces articles partent donc du principe que les HVS- présentent des difficultés dans la recherche d'information dans un environnement hypertextuel.

Ensuite, cette revue de la littérature a permis de mettre en évidence que l'effet des HVS sur la navigation dans une interface informationnelle n'est pas systématiquement significatif. Dahlbäck et al. (1996) ont souligné que seules les habiletés internes avaient des effets significatifs sur la recherche d'information. Chen (2000) n'a pas observé d'effet significatif des scores au test VZ-2 sur la performance de recherche. Nilsson et Mayer (2002) n'ont pas pu mettre en évidence les effets des HVS sur la navigation lors de la phase d'entraînement, mais bien lors de la phase test. Downing et al.(2005) ont observé un effet des HVS sur le temps nécessaire à la réalisation de la première tâche, mais pas sur l'ensemble des tâches. Zhang et Salvendy (2001) n'ont pas pu observer d'interactions entre les HVS et la capacité à intégrer la structure de l'interface, alors que Pazzaglia et al.(2008), Rouet et al. (2012)) et Vöröz et al.(2008) ont pu, quant à eux, en observer une. Il reste néanmoins des questions qui n'ont pas encore été étudiées. Par exemple, la mémorisation de la structure de l'interface permet-elle une navigation plus efficace et si oui, dans quel type de tâche en particulier.

Ainsi, cette revue de la littérature met en évidence la difficulté d'affirmer que les HVS jouent un rôle dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia. Certes, les HVS ont un effet sur ce type de tâches, dans ce type d'environnement (Campagnoni & Ehrlich, 1989; Stanney & Salvendy, 1995; Vicente et al., 1987), mais la diversité des protocoles et du traitement des données ne permet pas, à ce stade, d'énoncer une vérité générale. En effet, nous avons vu que les recherches empiriques ayant tenté de démontrer l'effet des HVS sur la recherche d'information hypertextuelle arrivent à des résultats différents et présentent des dispositifs expérimentaux qui se distinguent en bien des points. Les différences au point de vue de l'interface, des consignes de la tâche, du choix des tests pour la variable indépendante et du choix d'indicateurs pour calculer la variable dépendante, ne nous permettent pas de donner un point de vue général avec des circonstances précises et partagées quant à l'implication des HVS dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia.

3.2 Les paramètres communs

Ce que nous pouvons retenir comme paramètres communs à la plupart des recherches présentées, c'est la démarche d'une façon globale. La plupart des recherches ont pour objectif de démontrer l'implication des HVS. C'est également notre cas, mais nous voudrions ajouter une dimension supplémentaire : au-delà de l'observation de l'effet d'une variable, nous voudrions pouvoir expliquer cet effet. D'une manière générale, les dispositifs d'expérimentation s'articulent de la même manière ; l'observation de la navigation de sujets dans un environnement hypermédia particulier, qui ont été par ailleurs testés cognitivement. Les données récoltées sont de nature à pouvoir mettre en exergue les résultats aux tests cognitifs et la qualité de la navigation. Ce sera également notre cas, mais nous tenterons de définir clairement la variable dépendante de la qualité de navigation afin qu'elle incarne au mieux l'efficacité de navigation.

La dimension nouvelle de notre recherche par rapport à celles qui ont été présentées sera l'approche qualitative. Au-delà de l'observation statistique de l'effet d'une variable, nous nous intéressons aux stratégies de navigation mises en place par les individus, même les plus marginales et tentons de comprendre à quel moment les HVS jouent effectivement un rôle.

La définition de cette démarche est l'objet de la seconde partie de ce travail. Nous allons, dans la partie qui suit, exposer notre question de recherche, la problématique dans laquelle elle s'inscrit et les hypothèses que nous avons formulées. Ensuite, nous présenterons notre méthode, les approches mises en place ainsi que le protocole d'expérimentation que nous avons créé.

PARTIE II

DEUXIEME PARTIE : QUESTIONNEMENT ET METHODE

Puisque le cadre théorique sur lequel notre recherche se fonde est maintenant posé, nous allons ici présenter les aspects méthodologiques de notre travail. Dans un premier temps, nous allons définir notre question de recherche et la problématique dans laquelle celle-ci s'inscrit. Ensuite, nous présenterons les hypothèses que nous avons formulées. Enfin, nous aborderons la méthode que nous avons mise en place afin de vérifier la validité de celles-ci.

Chapitre 1 : Questionnement

Nous allons dans ce chapitre aborder la problématique dans laquelle s'inscrit notre question de recherche et définir celle-ci. Nous présenterons ensuite les hypothèses formulées pour tenter de répondre à ces questions.

1. Problématique

1.1 Le processus cognitif

Nous l'avons vu dans la revue de la littérature (p.66), des corrélations ont été observées à plusieurs reprises entre le niveau d'HVS et l'efficacité à rechercher de l'information dans un hypermédia. Les HVS peuvent donc influencer les capacités à localiser de l'information dans un environnement hypertextuel. Néanmoins, le rôle que joueraient les HVS dans le succès de réalisation d'une tâche de localisation d'information n'est jamais explicité. De fait, le processus cognitif qui constitue la tâche de localisation d'information est complexe et est lui aussi soumis à une charge cognitive (Sweller, 1988) (p.39). Cette charge cognitive est issue de la multitude de représentations mentales que l'utilisateur doit construire. En effet, comme nous l'avons vu, le sujet doit se construire une représentation mentale spatiale de la structure du site, une représentation sémantique de son contenu (Dillon, 2000) et Tricot (1998) ajoute, à ces deux dernières, une représentation mentale de la tâche. Ces trois types de représentation et la coordination de celles-ci soumet l'utilisateur à une charge cognitive.

Nous nous interrogeons sur le rôle des HVS dans la gestion de la charge cognitive que la construction de la représentation mentale de l'interface impute à la mémoire. En d'autres mots, nous évoquons la possibilité que les HVS soient mobilisées lors de la construction de la représentation mentale de la structure de l'interface.

1.2 Les caractéristiques de la tâche

Toujours en nous basant sur les recherches antérieures, nous avons remarqué que l'implication des HVS diffère en fonction du type de tâche imposé aux participants. En effet, le score aux tests cognitifs d'HVS est corrélé au niveau de performance de façon différente selon les caractéristiques de la tâche (localisation d'informations, exploration, recherche d'information, ou encore recherche exhaustive). Notons également que l'interface dans laquelle se déroule cette tâche va également influencer le rôle des HVS. Ainsi, nous nous demandons quelles sont les caractéristiques de la tâche qui favorisent la mobilisation d'HVS.

Aucune recherche à l'heure actuelle ne s'est attardée à expliquer le lien entre des résultats à des tests cognitifs et la performance à la RI dans une interface hypermédia. Nous ne savons donc pas à quel moment du processus cognitif ces habiletés sont mobilisées ou quel facteur lié à la tâche va influencer leur mobilisation. Tout l'enjeu de notre questionnement repose donc sur ce manque.

2. Question de recherche

Notre recherche doctorale tente donc de comprendre l'implication des HVS dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia. Plus précisément, nous nous sommes concentrée sur la localisation d'information. Notre question de recherche est la suivante :

Quel est le rôle des habiletés visuo-spatiales lors de tâches de localisation d'information dans un environnement hypermédia ?

3. Hypothèses

Nous l'avons répété, la navigation hypermédia est caractérisée par une double tâche, sémantique et spatiale. Celle-ci implique notamment la construction de plusieurs représentations mentales qui peuvent engendrer une charge cognitive. **Nous faisons l'hypothèse que les HVS sont impliquées lors de la construction de la représentation mentale de la structure de l'interface.** Ainsi, la charge cognitive ne permettrait pas aux individus présentant des HVS- de construire une représentation mentale complète et correcte, ils n'auraient qu'une représentation mentale, partielle ou imparfaite de la structure de l'hyperdocument, ce qui impacterait négativement l'efficacité de navigation et donc le succès de la tâche.

Cette hypothèse est soutenue par les résultats de Goldin et Thorndyke (1983). Ces derniers se sont intéressés à l'entrainement militaire afin de pouvoir isoler les habiletés cognitives à entraîner pour améliorer les capacités d'orientation de militaires lorsqu'ils découvrent une

nouvelle région. Ils ont notamment souligné que les individus qui réalisaient de hauts scores aux tests cognitifs de visualisation spatiale étaient de bon « *cognitive mapper* », c'est-à-dire, qu'ils développaient des connaissances de types *route* et *survey* au sujet d'un environnement relativement précises, et ce, à partir d'une navigation réelle (apprentissage primaire) ou à partir d'une représentation de l'environnement (apprentissage secondaire). Ainsi, les habiletés visuo-spatiales seraient décisives dans la construction de la représentation mentale de l'environnement.

Comme nous l'avons exposé dans la revue de la littérature (p. 66), Campagnoni et Ehrlich (1989) proposaient également comme interprétation de leurs résultats que les HVS+ se construisaient un meilleur modèle mental de l'architecture du système que les HVS-.

Nous formulons une deuxième hypothèse, selon laquelle **les HVS- qui étudieraient la structure du site préalablement à la navigation seraient au moins, aussi performants que les HVS+**, sous-entendant que la construction de la représentation mentale de la structure au moyen d'une représentation externe pallierait au déficit d'HVS. Ainsi, l'étude du plan permettrait aux HVS- d'avoir une représentation mentale complète et correcte de l'environnement, ce qui réduirait la différence avec les HVS+ en termes d'efficacité de navigation.

Chapitre 2 : Méthode

Pour pouvoir répondre à notre question de recherche et vérifier nos hypothèses, nous avons mis en place une démarche expérimentale alliant une approche qualitative et quantitative. L'approche qualitative adopte une posture compréhensive.

Nous allons dans cette partie expliquer comment nous avons tenté d'adopter dans cette recherche un point de vue compréhensif. Ensuite, nous présenterons le dispositif d'expérimentation que nous avons mis en place. Enfin, nous présenterons le type de données que nous avons pu extraire de ce dispositif.

1. Démarche compréhensive

Comme nous l'avons souligné, les recherches antérieures se sont bornées à observer des corrélations entre des résultats à des tests « papier-crayon » et des performances de navigation. Nous nous inscrivons davantage dans une démarche compréhensive afin de cerner le rôle des HVS dans la localisation d'information dans un environnement hypermédia. Cela implique une approche ancrée dans la théorie de la cognition distribuée (Hutchins, 2001), c'est-à-dire en prenant en compte l'interaction de l'utilisateur avec son environnement. Cette posture compréhensive se construit dans une démarche qualitative qui tente de déboucher sur une réflexion compréhensive des observations. Si une démarche explicative aurait davantage décrit de façon générale une série de phénomènes observés, il s'agit ici d'une étude de cas ciblée et qui a notamment pour objectif de donner du sens aux données récoltées (De Ketele & Maroy, 2006). Nous ne nous inscrivons pas en marge d'une approche explicative, puisque d'une certaine manière, le dispositif mis en place s'inscrit également dans cette approche, puisqu'il sera question de valider des hypothèses formulées. Mais notre démarche va au-delà de cela. L'approche compréhensive s'illustre également dans le va et vient que nous effectuerons entre nos données empiriques et les modèles théoriques (Leutenegger & Madelon, 2002).

Cette approche implique la volonté de ne pas se nous limiter à observer les individus dans un environnement hypertextuel, mais de nous ouvrir à la navigation physique, l'expérience primaire qui nourrirait le processus cognitif de l'expérience hypermédia. Notre terrain d'observation s'étend donc sur deux environnements de navigation ; l'un hypertextuel et l'autre physique. De fait, nous pensons que l'observation de résolution de tâches de recherche d'information dans un environnement physique permet des rapprochements avec l'environnement hypermédia que seuls, les tests « papier-crayon », ne permettent pas. En effet, lors de la passation de ces tests, l'individu doit procéder mentalement à des arrangements

spatiaux d'un environnement qu'il peut englober d'un seul point de vue. Or, que ce soit dans un environnement physique ou hypermédia, ce n'est jamais le cas. Les individus ne peuvent seulement que faire « entrer » des parties de cet environnement dans leur champ de perception, de manière à ce qu'opter pour un point de vue implique de renoncer visuellement à un autre.

Ce choix méthodologique ne signifie pas que nous voulons strictement comparer ces deux types de navigation, mais davantage, de donner du sens aux matériaux récoltés dans un environnement au regard de ceux récoltés dans l'autre.

Notre approche qualitative est accompagnée d'une démarche quantitative qui tentera de valider statistiquement le rôle des HVS dans la construction de la représentation mentale de l'environnement hypermédia.

2. Démarche expérimentale

Dans le cadre de cette démarche compréhensive, nous voulions que cette expérimentation soit l'occasion d'observer et d'analyser des stratégies, des comportements de navigation communs ou dissemblables dans un environnement hypertextuel et dans un environnement physique. Cette analyse se voulait toujours au regard des habiletés visuo-spaciales, mais pas seulement. De fait, les HVS ont reçu une attention particulière, mais nous ne voulions pas nous focaliser uniquement sur elles et nous restions ouverte et attentive à toutes manifestations intéressantes, comme lors d'une recherche exploratoire. Néanmoins, il ne s'agissait pas d'une recherche exploratoire, puisque l'objectif principal était de vérifier l'hypothèse selon laquelle les HVS jouent un rôle lors de la construction du modèle mental de l'environnement.

2.1 Le dispositif d'observation

Le dispositif s'est décliné sur deux terrains ; l'un hypertextuel, l'autre physique. L'objectif n'était pas d'obtenir deux environnements comparables, mais de pouvoir tout de même contrôler certains facteurs (comme celui du contenu sémantique présenté). Nous avons donc choisi des environnements aux contenus informationels similaires afin d'éviter que la familiarité du contenu d'un environnement favorise la navigation par rapport à l'autre.

2.1.1 Environnement physique

L'environnement physique que nous avons sélectionné est le parc animalier de Planckendael (Figure 18). Nous avons opté pour ce zoo car il répondait à toutes nos contraintes. D'abord, il s'agit d'un environnement large, mais tout de même clairement délimité. Ensuite, il présente spatialement des informations, puisqu'il organise dans l'espace des univers regroupant des animaux et les informations les concernant. Enfin, en plein air, il permet un traçage GPS. Le

zoo de Planckendael est d'une superficie proche de 50 hectares et organise les animaux selon le continent sur lequel ceux-ci évoluent. Nous avons donc organisé les animaux dans l'hypertexte selon la même logique tout en évitant de présenter des animaux se retrouvant également dans le zoo.

Les participants pouvaient consulter un plan du site à tout moment, mais devaient s'arrêter pour le faire et nous le rendre ensuite afin de bien pouvoir analyser a postériori l'utilisation qu'ils en feraient. Le plan était une adaptation de celui fourni aux visiteurs afin de ne pas trop faciliter la navigation et ainsi pousser le sujet à mobiliser ses HVS. Dès lors, le nom des animaux n'y figurait pas, seuls des petits pictogrammes représentaient les animaux.

Figure 18:Plan du zoo de Plankendael

2.1.2 Environnement hypermédia

Nous avons conçu un hypertexte hiérarchique de 45 pages, organisé sur trois niveaux avec des hyperliens transversaux. Le contenu sémantique relevait du monde animal et provenait de l'encyclopédie en ligne wikipedia. Via un onglet, une carte non cliquable était accessible à partir de n'importe quelle page. Le contenu est donc encyclopédique mais la métaphore utilisée n'est pas celle du livre, mais celle du monde. Le monde et ses continents sont donc utilisés ici comme métaphore spécifique hypertextuelle (Collard & Fastrez, 2009).

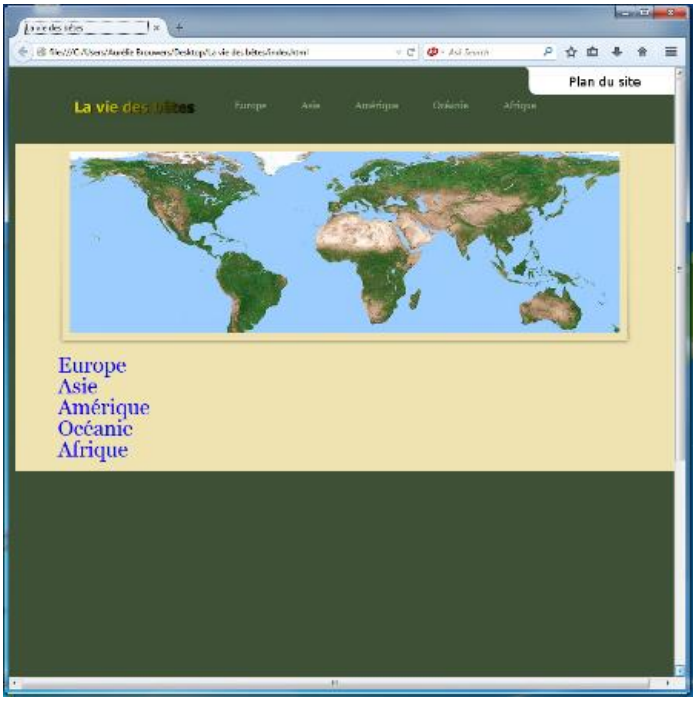


Figure 19:Page d'accueil (1er niveau)

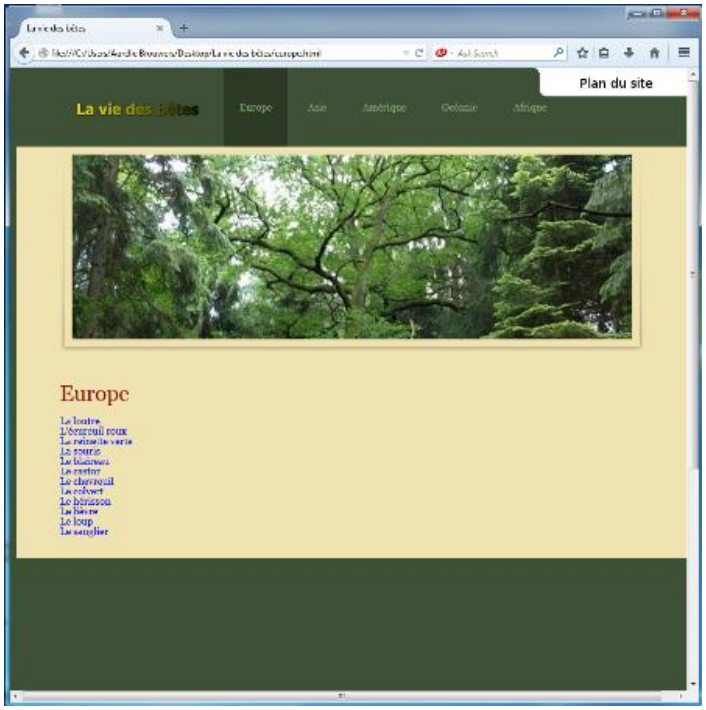


Figure 20:Page continent (2e niveau)

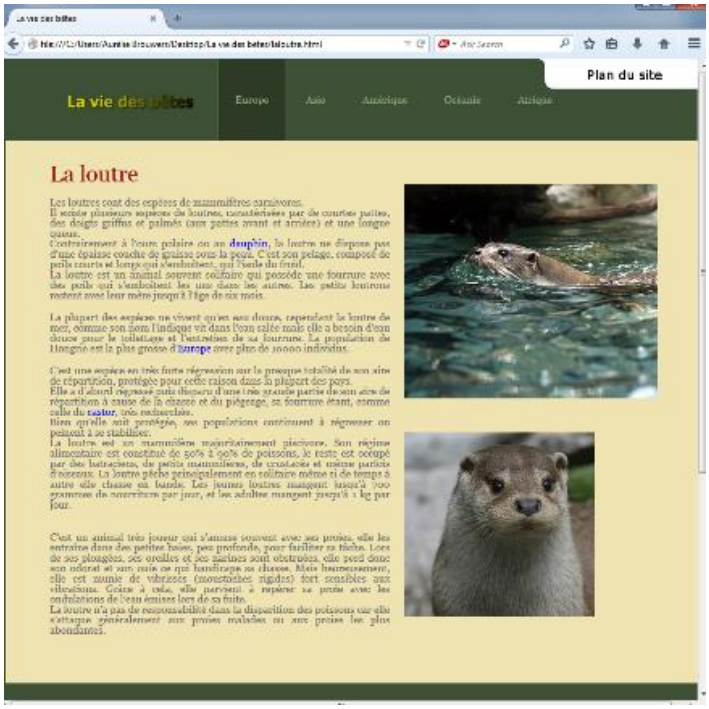


Figure 21:Page animal (3e niveau)

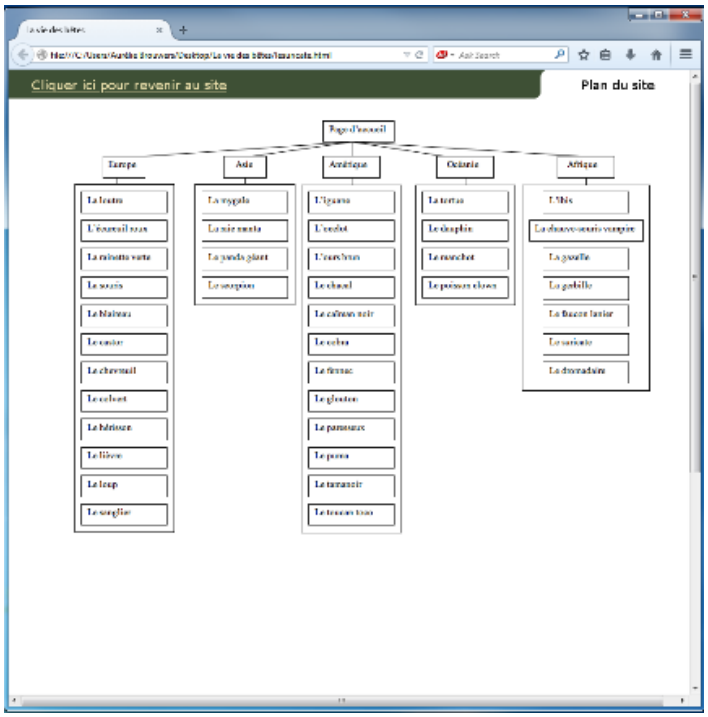


Figure 22:Plan du site

2.2 Sujets

L'expérimentation a été répétée avec 30 participants, non rémunérés, mais seuls 24 ont été analysés. En effet, pour six d'entre eux, des problèmes techniques nous ont empêché de conduire l'expérimentation jusqu'au bout. Nous avons donc traité les données de 15 femmes et 9 hommes, universitaires, âgés entre 22 et 30 ans.

2.3 Tâches

Les tâches relevaient de la localisation d'information. Il s'agit donc de tâches de recherche d'information où la réponse peut être vérifiée au regard de la question. Il n'est donc pas demandé au participant d'inférer ou d'interpréter, mais uniquement de rechercher l'information permettant de répondre à la question. Ce type de tâche permet un feedback direct sur la recherche d'information, puisqu'il est possible de savoir directement et par soi-même si l'on a trouvé la bonne réponse à la question. Pour reprendre Tricot (1993), il s'agissait d'une tâche de localisation d'information unique et localisée (p.20).

Dans l'hypertexte, sept questions ont été posées :

1) Combien mesure la queue du castor ?
2) Combien pèse le panda géant ?
3) Les petits d'un animal omnivore sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il ?
4) Combien de temps peut vivre l'ours brun ?
5) De quoi se nourrît le glouton ?
6) Quelles sont les différences physiques entre le loup et le chien ?
7) Combien mesure le petit du puma ?

Dans le zoo, cinq questions ont été posées :

1) Trouve le singe à tête de lion !
2) Trouve l'éléphant !
3) Trouve la girafe !
4) Trouve le casoar à casque !
5) Trouve le lion !

Pour la plupart des questions posées, il était attendu que l'individu puisse se construire une représentation mentale précise du but de la tâche et ainsi mettre en place une stratégie d'extraction de l'information (Tricot, 1993). En effet, pour la majorité des questions, nous pensions que le participant saurait ce qu'il doit chercher. Dans l'hypertexte « *Combien mesure la queue du castor ?* », il planifierait de se rendre sur la page du castor pour trouver la réponse : « *La queue du castor mesure…* ». Dans le zoo, « *Trouve le singe à tête de lion !* », il saurait qu'il doit trouver un singe. Or, pour les questions « *Les petits d'un animal omnivore sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il* ? », dans l'hypertexte et « *Trouve le casoar à casque !* », dans le zoo, nous nous attendions à ce que le participant ne sache pas ce

qu'il doit chercher. La représentation mentale du but de la tâche serait donc floue (Tricot, 1993). Ces deux tâches ont été élaborées afin de déstabiliser les participants et de les contraindre à mettre en place une nouvelle stratégie, et de revoir leur raisonnement.

2.4 Les tests cognitifs

La RI dans un environnement hypermédia étant une tâche à la fois spatiale et sémantique, l'expérimentation s'est achevée par la passation de deux types de tests cognitifs ; l'un relevant des HVS et l'autres des habiletés de compréhension du discours.

2.4.1 Le kit of factor referenced cognitive tests

Pour tester les habiletés visuo-spatiales, nous nous sommes référée à la batterie de test *Kit of factors referenced cognitive test* (Ekstrom et al., 1976). Comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature (p.66), il s'agit de la batterie de tests la plus employée. Nous avons donc décidé d'utiliser celle-ci pour cette raison. Nous avons fait passer les tests VZ-1 et VZ-2 (p.40). Le premier est un test de rotation mentale et l'autre de pliage et dépliage mental.

2.4.2 Le vol du PC

En ce qui concerne l'évaluation des habiletés de compréhension du discours, nous avons opté pour le test du vol du PC (Boutard, Claire, & Gretchanovsky, 2006). Il s'agit d'un test de compréhension à la lecture où, après la lecture silencieuse d'une histoire, le sujet doit raconter celle-ci avec le plus de détails dont il se souvient. Ensuite, il doit répondre vrai/faux à des affirmations et enfin choisir parmi des propositions, des titres convenant à l'histoire qu'il vient de lire. Le calcul du score est définit par le protocole d'expérimentation. L'objectif du recours à ce test était de contrôler ce facteur afin de s'assurer qu'un effet potentiel des HVS ne soit en réalité pas masqué par des habiletés de compréhension du discours plus élevées ou plus faibles. En effet, la recherche d'information d'un individu ayant des difficultés à comprendre le sens des mots et des phrases qu'il lit dans l'interface, ou même, des difficultés à comprendre le sens de la question qui lui est posée sera d'office moins performant qu'un individu comprenant parfaitement le sens du contenu sémantique auquel il est confronté.

3. Passation

Chaque participant a donc été soumis à des tâches de localisation d'information dans un environnement hypermédia et dans un environnement physique (un parc animalier). Après l'énonciation de chaque tâche (et ce dans les deux environnements), nous leur demandions de nous expliquer ce qu'ils allaient faire.

Les participants ont également été soumis à des tests cognitifs portant d'une part sur l'évaluation des HVS (Ekstrom et al., 1976) et sur leurs capacités de compréhension du discours (Boutard et al., 2006).

Afin de contrôler un effet d'entrainement potentiel, la moitié des sujets ont débuté par la navigation dans l'environnement physique et l'autre dans l'environnement hypertexte. Les tests cognitifs ont toujours été soumis en dernier lieu afin que le caractère potentiellement démotivant de ceux-ci n'influence pas la qualité des navigations.

Pour vérifier l'hypothèse selon laquelle les HVS sont mobilisées lors de la construction mentale de l'environnement, nous avons demandé à la moitié des participants d'étudier le plan de chaque environnement (physique et hypermédia) avant d'y naviguer. L'étude a été évaluée et répétée jusqu'à ce que le participant puisse restituer correctement les caractéristiques saillantes des environnements. L'objectif était de vérifier si les HVS- ayant étudié le plan étaient aussi performants que les HVS+.

4. Données recueillies

Nous avons récolté une somme conséquente de données très différentes. D'une part, les données quantitatives : les scores aux tests cognitifs, les temps de réalisation de chaque tâche, le nombre de clics, de pages visitées (pour l'hypertexte) et la distance parcourue (pour le zoo). Mais également des données dérivées des données quantitatives, comme la mesure d'efficacité (qui sera détaillée p.98). D'autre part, les enregistrements vidéos, nous ont permis de générer une série de données qualitatives. Nous allons donc passer en revue les données qui ont constitué notre matériel d'analyse.

4.1 Données qualitatives

Dans l'hypertexte, la navigation a été enregistrée via le logiciel Morae Recorder qui a permis d'enregistrer les activités du sujet à l'écran, de comptabiliser le nombre de clic, le temps nécessaire à la réalisation de chaque tâche, les pages visitées ainsi que le participant face à la machine via la webcam.

Dans le zoo, le parcours des participants était enregistré via signal GPS grâce à l'application Android Map My run[6] et filmé grâce à l'oreillette caméra looxcie[7].

[6] http://fr.mapmyrun.com/
[7] http://www.looxcie.com/

Grâce aux données générées par le logiciel de Map My run, nous avons pu quantifier les distances parcourues ainsi qu'obtenir un aperçu visuel de celles-ci (Figure 23).

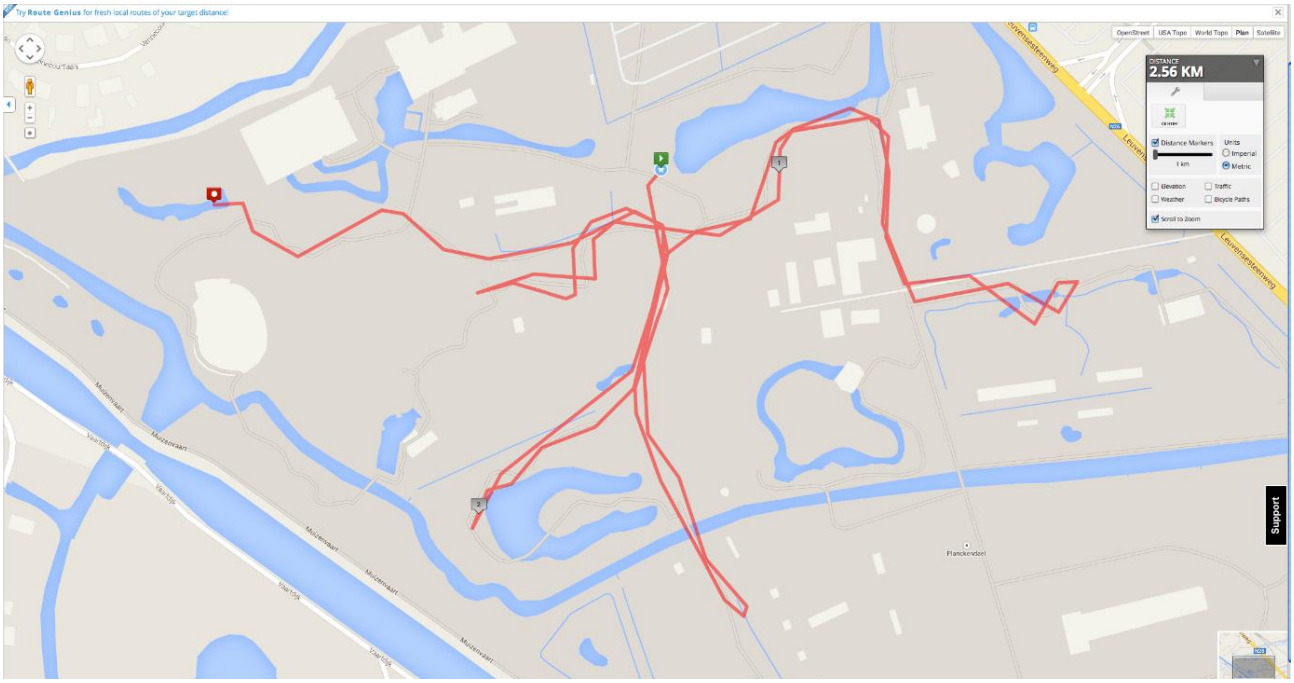


Figure 23:Exemple de parcours du zoo via Map My Run

Ces matériaux vidéos ont fait l'objet d'analyses qualitatives. Le codage de ces enregistrements revient à une pratique de recensement. Nous avons pour cela utilisé le logiciel Nvivo. Dans les vidéos du zoo, afin de comprendre quand le sujet avait besoin d'outil de navigation, chaque consultation de carte a été recensée tout comme la consultation de panneaux indicateurs. Afin de mettre en évidence les stratégies de navigation et les points de décisions stratégiques qui y sont associés, chaque point de repère visité a été inventorié. Chaque commentaire concernant la tâche en cours ou l'expérimentation dans sa globalité ont été codés et dans certains cas, retranscrits afin de récolter un maximum d'informations concernant la conceptualisation de la tâche.

Pour l'hypertexte, la démarche est semblable. Les commentaires permettant de nous faire part de la façon dont les sujets conceptualisaient la tâche, l'environnement ou la stratégie qu'ils mettaient en place ont été codés et retranscrits. Pour pouvoir comprendre les stratégies de navigation mises en place, chaque comportement de navigation a fait l'objet d'un codage et ce, que ce comportement soit marginal ou répété.

Comme nous l'avons déjà dit, les commentaires des sujets ont été récoltés, retranscrits et analysés. Nous nous sommes particulièrement focalisée sur les commentaires concernant la

conceptualisation de l'environnement, c'est-à-dire aux cadres de référence auquel l'individu faisait allusion et au point de vue que celui-ci adoptait (Daniel, 2012).

4.2 Données quantitatives

Parmi les données quantitatives, nous avons évidemment recueilli les résultats aux tests cognitifs. Mais à partir des enregistrements, nous avons également pu évaluer les temps de navigation ainsi que la distance parcourue lors de la navigation dans le parc animalier.

Nous avons également calculé l'efficacité du parcours pour la navigation hypermédia. Pour cela, nous avons utilisé la mesure d'efficacité de Smith (1996). Elle envisage la mesure de l'efficacité de parcours à partir de trois indicateurs d'efficacité :

- Le nombre de nœuds différents visités sur le nombre total de nœuds visités (*D/T*)
- Le nombre de nœuds nécessaires à la réalisation de la tâche sur le nombre de nœuds différents visités (*R/D*)
- Une valeur d'exactitude qui doit être assignée à l'utilisateur pour la réalisation de chaque tâche (*A*=1 si le sujet a réussi la tâche, et *A*=0 si ce n'est pas le cas). Notons que dans notre cas, tous les individus réussissaient la tâche puisqu'il s'agissait d'une condition pour passer à la suivante. Le dernier terme de cette formule, étant toujours égale à 0 dans notre cas, a été supprimé.

A partir de ces trois indicateurs, l'Efficacité (*E*) peut être calculé de cette manière :

$$E = \sqrt{((D/T-1)^2+(R/D-1)^2+(A-1)^2)}$$

Plus la valeur obtenue se rapproche de zéro, plus l'individu est efficace.

Nous avons donc calculé la mesure d'efficacité pour chacune des tâches réalisées et effectué une moyenne de celles-ci afin d'obtenir un indice d'efficacité moyen pour chaque participant.

Nous avons présenté notre question de recherche, la problématique dans laquelle elle s'inscrit ainsi que les hypothèses qui en découlent. Nous avons également exposé la démarche méthodologique que nous avons mise en place afin de pouvoir vérifier ces hypothèses et répondre à notre question de recherche. En effet, si les participants avec des HVS- ayant étudié le plan avant leur navigation sont aussi performants que les HVS+, notre hypothèse selon laquelle les HVS sont impliquées dans la conception de la représentation mentale de l'environnement sera validée. Enfin, nous avons présenté les catégories de données que nous

avons pu recueillir et qui nous serviront à comprendre les stratégies de navigation mises en place lors de tâches de localisation d'information.

Nous allons, dans la partie suivante, présenter le traitement de ces données ainsi que l'interprétation de celles-ci pour déboucher sur la présentation de nos résultats.

PARTIE III

TROISIEME PARTIE :
PREMIERE EXPERIMENTATION

Nous avons vu dans la partie précédente le fonctionnement de notre dispositif d'observation. Nous allons ici présenter le traitement qu'ont subi nos données, ce que nous avons pu extraire de nos matériaux vidéos, des résultats aux tests cognitifs ou encore, du calcul d'efficacité.

Nous commencerons par présenter le traitement statistique que nous avons appliqué à nos données quantitatives. Puis, nous exposerons les données qualitatives que nous avons pu générer à partir des matériaux récoltés. Ensuite, nous présenterons les observations que nous avons réalisées à partir de ces données. Nous terminerons avec une synthèse générale, un retour sur cette expérimentation et le prolongement que nous lui donnerons.

Chapitre 1 : Analyse des données

1. Analyse statistique des données quantitatives

L'un des objectifs de l'expérimentation était de pouvoir vérifier l'hypothèse selon laquelle les individus mobilisent leurs HVS lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement. Le protocole prévoyait donc deux conditions de passation ; l'une où le participant devait étudier le plan de l'environnement avant d'y localiser des informations, l'autre où ce n'était pas le cas.

En ce qui concerne le test de compréhension du discours, rappelons que l'objectif de cette évaluation était de contrôler cette variable et de s'assurer que son effet ne masquerait pas l'effet des HVS. Nous avons donc vérifié s'il y avait une corrélation entre le score au test de compréhension du discours et l'efficacité. Aucune corrélation significative n'a été observée ($p=0,406$). En réalité, tous les participants (de niveau universitaire) avaient tous d'excellents résultats à ce test.

En ce qui concerne les résultats aux tests d'HVS, nous avons fait la somme des scores obtenus aux deux tests (VZ-1 et VZ-2) afin d'obtenir un score unique à partir duquel nous avons divisé notre échantillon en deux groupes (HVS+ et HVS-), en nous basant sur la médiane (17).

	Sujets	Somme VZ
HVS –	Ad.	0,75
	S.	2,75
	Je.	6,75
	M.	6,75
	O.	8,75
	Ma.	10,75
	P.	13,00
	La.	14,25
	J.	14,75
	T.	16,00
	C.	17,00
	V.	17,00
HVS +	E.	18,25
	Li.	18,25
	An.	19,00
	N.	19,50
	Max.	20,00
	A.	21,75
	L.	22,50
	St.	23,50
	B.	24,00
	Co.	24,00
	Em.	24,75
	D.	26,00
	MOYENNE	16,25

Figure 24:Scores aux tests d'HVS

Ensuite, nous avons voulu vérifier notre hypothèse en observant l'effet de l'étude de la carte associé à l'appartenance à un groupe HVS. De cette manière, nous voulions vérifier si les HVS- ayant étudié la carte étaient plus performants que les HVS- ne l'ayant pas étudiée et si les HVS- ayant étudié le plan étaient aussi efficaces que les HVS+. Nous avons à cet effet effectué une analyse de variance univariée. Aucun effet significatif n'a été observé (Figure 25).

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Efficacité

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	,018[a]	3	,006	,498	,688
Ordonnée à l'origine	2,588	1	2,588	219,919	,000
Carte	,014	1	,014	1,162	,294
GroupeVZ	,000	1	,000	,012	,913
Carte * GroupeVZ	,003	1	,003	,245	,626
Erreur	,235	20	,012		
Total	2,885	24			
Total corrigé	,253	23			

a. R deux = ,069 (R deux ajusté = -,070)

Figure 25:Analyse de la variance univariée

Notons que contrairement à certaines recherches antérieures (Rouet et al., 2012), aucune corrélation significative n'a pu être observée entre les HVS, d'une manière générale, et l'efficacité de navigation (p=0,764).

Deux choses peuvent expliquer ces résultats. Premièrement, l'homogénéité de l'échantillon. Tous ces étudiants ont obtenu des scores aux HVS relativement homogènes. Il en est de même pour le score d'efficacité qui varie entre 0,10714 et 0,52485 avec la majorité des participants se trouvant entre 0,2 et 0,4 et donc avec peu de « très forts » et peu de « très faibles » (Figure 26). Deuxièmement, la taille de l'échantillon peut être une raison pour laquelle aucun effet significatif n'a pu être observé.

Dès lors, notre hypothèse selon laquelle les HVS joueraient un rôle dans la construction de la représentation mentale de l'environnement n'a pas été vérifiée statistiquement. De fait, aucune interaction significative n'a été observée entre le niveau d'HVS, l'étude de la carte et l'efficacité.

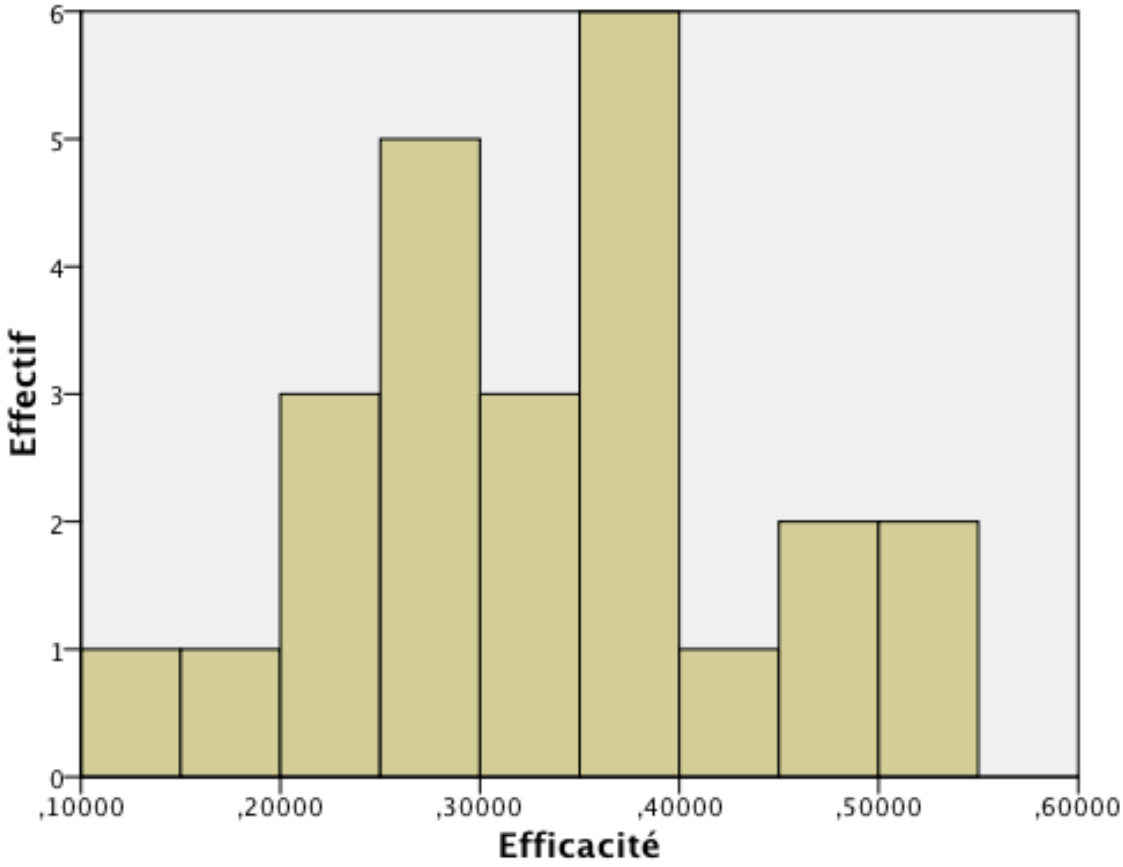


Figure 26:Histogramme des scores d'efficacité

Nous allons à présent nous concentrer sur une analyse qualitative, dont l'objectif ne sera pas d'observer s'il existe un effet des HVS mais davantage de comprendre quand celles-ci sont mobilisées lors de tâches de localisation d'information.

2. Analyse qualitative

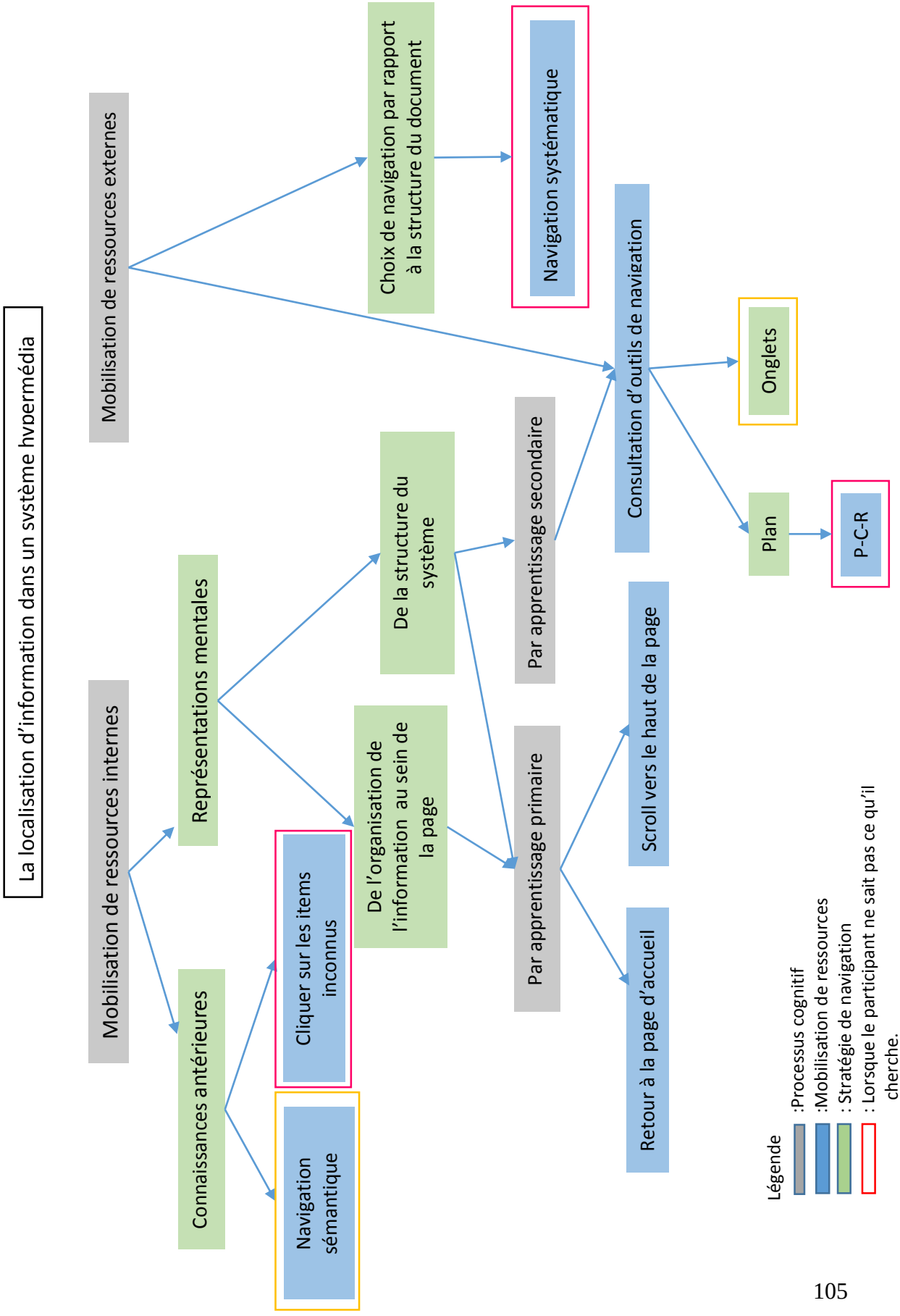
Nous allons présenter ici le traitement que nous avons appliqué à nos données qualitatives, c'est-à-dire, les données que nous avons pu générer à partir des enregistrements vidéos.

2.1 Observations

Comme nous l'avons explicité, l'analyse qualitative a débuté par un codage des matériaux vidéos. Ce dernier s'apparente à un recensement de comportements et de verbalisations. Ce travail a permis d'organiser nos observations et d'interpréter celles-ci. Nous allons dans un premier temps présenter les schémas conceptuels qui organisent nos observations dans chaque environnement. Chaque schéma sera suivit des définitions de ses composantes et les stratégies de navigation observées seront illustrées au moyen d'exemples et de citations.

2.1.1 La localisation d'information dans un système hypermédia

Figure 27: La localisation d'information dans un système hypermédia



Face à une tâche de localisation d'information, nous avons observé deux processus cognitifs (en gris) : la mobilisation de ressources (en vert) internes (les ressources cognitives propres de l'individu) et la mobilisation de ressources externes (les ressources propres à l'environnement). Ces ressources vont lui permettre de mettre en place des stratégies (en bleu). Notons que ces deux processus (en gris) ne sont pas excluant. Pour une même tâche, l'utilisateur peut passer d'un à l'autre ou encore mobiliser à la fois des ressources internes et externes.

Si l'utilisateur opte pour une mobilisation de ressources internes, il peut mobiliser ses connaissances antérieures sur le contenu sémantique présenté. Si son expertise du sujet est assez élevée, il pourra mettre en place une stratégie de navigation sémantique basée sur le sens qu'il pourra construire à partir de la question posée et les ressources sémantiques disponibles dans l'interface (La. : « *Qui est omnivore ? Qu'est-ce qui serait bien roux ?* »). Si, au contraire, ses connaissances antérieures sont faibles, et ne lui permettent pas d'envisager une réponse à la question, il partira du principe que s'il ne connaît pas la réponse à cette question, c'est qu'elle concerne un animal qui lui est inconnu et optera pour cliquer sur les items qu'il ne connaît pas.

L'utilisateur peut également choisir de mobiliser des représentations mentales qui peuvent porter sur l'organisation de l'information au sein de la page ou sur la structure de l'interface. Ces représentations mentales peuvent être construites, soit par apprentissage primaire, c'est-à-dire par expérience directe de l'environnement, soit par apprentissage secondaire, c'est-à-dire, au moyen d'outils de navigation (McDonald & Pellegrino, 1993).

Les utilisateurs qui se sont construit une représentation mentale de l'organisation de l'information au sein de la page, l'ont tous fait par apprentissage primaire puisqu'aucune ressource externe ne leur permettait de le faire par apprentissage secondaire. Certains conceptualisent donc un canevas d'organisation de l'information au sein de la page, et commentent, par exemple : V. : « *Les petits, c'était dans le bas de la page.* ». Notons, qu'aucune organisation commune ne structurait les pages.

D'autres savent que le haut de la page permet de naviguer via les onglets des continents et scrollent donc vers le haut de la page chaque fois qu'ils terminent une tâche.

Certains sujets se sont construit une représentation mentale de la structure de l'interface grâce à la navigation qu'ils ont effectuée (apprentissage primaire), soit grâce à l'étude du plan au préalable (apprentissage secondaire). Nous pouvons le noter car ces utilisateurs sont capables de localiser directement et correctement les 4 dernières informations (p.115). Notons que cette localisation correcte est différente de la navigation optimale. En effet, cette dernière, nécessitait

de cliquer sur des hyperliens insérés dans le texte et la localisation correcte consistait à cliquer sur l'onglet du continent adéquat et de localiser la bonne page.

Un autre indicateur de construction mentale de la structure de l'environnement est observé auprès des utilisateurs qui conceptualisent un « début » à l'interface (B. :« *Je vais retourner au début* »). Ce « début » se réfère à la représentation mentale d'une partie de l'architecture de l'environnement.

La construction mentale par apprentissage secondaire, relève d'une construction mentale construite à partir d'une représentation de l'environnement. C'est le cas de la plupart des sujets qui ont étudié le plan avant la navigation. En effet, ces derniers, avant de cliquer, lèvent les yeux au ciel et disent « *Ah oui, ça c'était là* » (La.). On peut percevoir qu'ils ne mobilisent pas leurs connaissances antérieures sur le sujet, mais qu'ils tentent de se souvenir du plan étudié, qu'ils interrogent la représentation mentale qu'ils se sont construite. Un autre indicateur est qu'ils font au moins les quatre dernière tâches « de mémoire », sans utiliser d'outils de navigation et en ne commettant pas d'erreur.

L'utilisateur peut également mobiliser des ressources externes, comme des outils de navigation. Parmi ces outils, le plan est celui qui se définit comme tel. Nous avons également observé que certains sujets utilisent les onglets des continents comme outil de navigation. C'est-à-dire qu'ils cliquent sur les nœuds « continents » un à un pour avoir une vue d'ensemble des contenants des nœuds, leur permettant d'accéder à une vue d'ensemble de la structure de l'interface.

Cette consultation d'outils de navigation relève de la mobilisation de ressources cognitives externes. Parmi ces ressources externes, nous avons observé que les utilisateurs utilisaient également la structure même de l'interface comme ressource. Celle-ci, permet aux utilisateurs de mettre en place une stratégie de navigation systématique qui consiste à cliquer sur tous les liens dans l'ordre que l'interface propose. C'est une stratégie qui n'implique aucun choix de navigation puisque c'est la structure qui définit le choix de navigation.

Nous avons observé auprès d'un seul participant que la structure du document peut d'une autre manière définir un choix de navigation. Lors de la tâche 3, alors que ce dernier ne savait pas ce qu'il cherchait, il décide de commencer par l'onglet qui possède le plus de nœuds afin d'obtenir le plus de chance de trouver la réponse parmi les informations proposées. C'est l'architecture du site et l'organisation de ce dernier qui détermine la page consultée. Cette stratégie se rapproche du processus de sélection exhaustif évoqué par Rouet et Tricot (1998).

2.1.1.1 Le choix de stratégie de navigation en fonction du contexte

Nous venons de le mentionner, le choix d'une stratégie peut être influencé par le fait que l'utilisateur sait (encadré en jaune dans le schéma ci-dessus) ou non (encadré en rouge dans le schéma ci-dessus) ce qu'il cherche. Dans le cas de la question « *Combien mesure la queue du castor ?* », le sujet sait qu'il doit localiser la page du castor et qu'il y trouvera la réponse. La stratégie mise en place est donc une stratégie sémantique. L'utilisateur va faire sens avec le contenu sémantique proposé et cliquer directement sur l'onglet du continent qui d'après ses connaissances antérieures pourrait correspondre à celui où vit le castor.

Mais dans le cas de la tâche « *Les petits d'un animal omnivore sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il ?* », cette stratégie ne peut s'appliquer, car l'utilisateur ne sait pas ce qu'il cherche.

Ainsi, nous avons observé que certains utilisateurs, lorsqu'ils ne savent pas ce qu'ils cherchent vont consulter le plan, identifier des cibles potentielles puis élaborer des routes qui leur permettront de rejoindre ces cibles. Nous avons nommé cette stratégie Plan-Cible-Route (P-C-R).

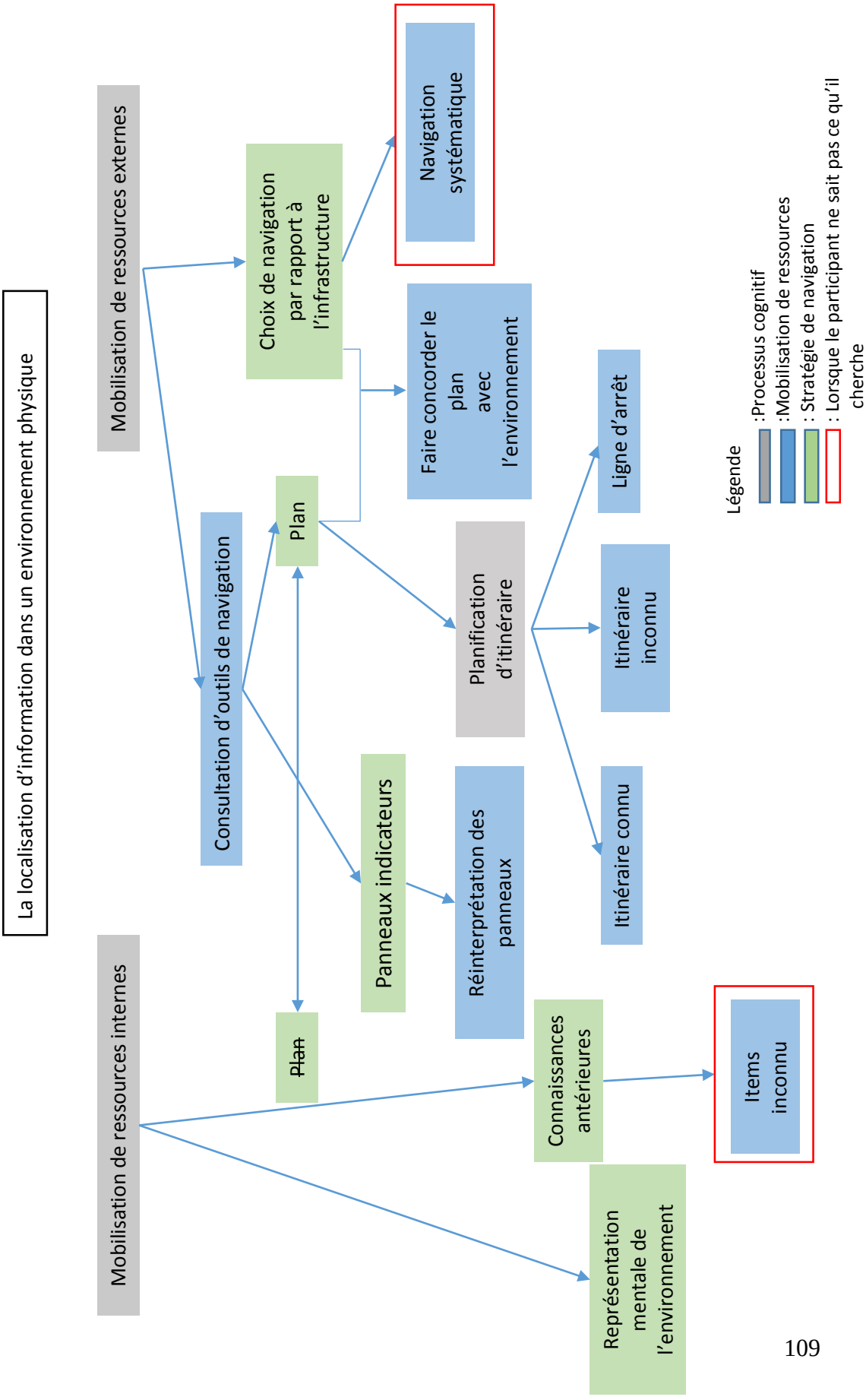
Ne sachant pas de quel animal il est question, certains utilisateurs pensent qu'il s'agit d'un animal qu'ils ne connaissent pas. Ils vont donc se baser sur leurs connaissances antérieures visiter prioritairement les pages des animaux pour lesquels leurs connaissances sont limitées ou nuls.

Enfin, d'autres, lorsqu'ils savent ce qu'ils cherchent ou qu'ils explorent le site, naviguent via les onglets des continents et lorsqu'ils ne savent pas ce qu'ils cherchent décident de mettre en place une navigation systématique, en cliquant sur le bouton « back » pour revenir à la page du continent (c'est-à-dire au niveau supérieur).

Nous avons donc constaté que le contexte de navigation imposé par la tâche influence le type de stratégie mise en place.

2.1.2 La localisation d'information dans un environnement physique

Figure 28: La localisation d'information dans un environnement physique



Face à une tâche de localisation dans un environnement physique, nous avons également observé la mobilisation de deux processus cognitifs (en gris) ; l'un mobilisant des ressources (en vert) internes, l'autre mobilisant des ressources externes. Ici aussi, notons que ces processus et donc les ressources, peuvent être combinés au cours d'une même tâche qui mobilisera différentes stratégies (en bleu).

En ce qui concerne le processus de mobilisation de ressources internes, celui-ci revient à mobiliser la représentation mentale que le sujet s'est construite de l'environnement. Notons, que cette représentation mentale est dans ce cas-ci toujours élaborée par apprentissage secondaire, puisqu'il s'agit des participants ayant étudié le plan avant la navigation qui choisissent de ne pas le consulter parce qu'ils se souviennent de la localisation des items (A. :« *Donc, je me souviens qu'il y avait deux singes. Un en Amérique et un en Afrique. Mais en Amérique, il avait plus l'air d'un gorille, donc j'irais plutôt en Afrique.* »).

Nous avons observé que parmi ces participants ayant étudié le plan, certains ont une représentation de type *survey* correcte dans le sens où ils configurent correctement les différents éléments les uns par rapport aux autres, mais sont incapables d'élaborer les routes reliant les différents points de repères qu'ils ont agencés mentalement (S. : « *L'éléphant est par là. Ah mince, on ne sait pas aller par-là?!?* »).

Nous observons également le recours à un processus cognitif interne chez quelques participants lorsqu'ils ne savent pas ce qu'ils cherchent. Certains sujets, ne connaissant pas l'animal qu'il leur est demandé de localiser, décident de se rendre aux cages des animaux qu'ils ne parviennent pas à identifier sur le plan. Ils partent donc du principe que s'ils ne connaissent pas le nom de l'animal qui leur est demandé de trouver, c'est qu'ils ne connaissent pas cet animal et qu'ils ne savent pas à quoi il ressemble. Ils mobilisent donc leurs connaissances pour identifier les animaux qu'ils ne connaissent pas et les définir comme cibles.

Face à ce genre de tâches, le participant peut mobiliser des ressources externes, comme l'utilisation d'outils de navigation. Dans le zoo, le plan et les panneaux indicateurs sont les deux types d'outils à disposition du sujet. Les panneaux indicateurs sont destinés à un public visitant le zoo et non à des sujets d'expérience devant localiser un item précis. Certains participants l'ont bien compris et parviennent à réinterpréter ces panneaux (J. : « *J'ai l'impression que d'aller par l'Europe, pour les girafes, c'est un peu plus court, même s'ils indiquent l'Afrique par là.* »).

D'autres, sont incapables de prendre distance vis-à-vis de ces panneaux et ceux-ci rentrent alors en conflit avec la représentation mentale qu'ils ont de l'environnement (A. : « *C'est ça que je*

ne comprends pas, le panneau là, il dit que l'Amérique est par là, et l'Afrique c'est tout droit. »). Certains participants, étant mal à l'aise avec le plan, s'appuient uniquement sur les panneaux pour se diriger, mais cette stratégie est très coûteuse, puisque les panneaux ont vocation de faire découvrir l'ensemble du zoo au visiteur et non à localiser un item particulier.

L'utilisation du plan comme outil de navigation est la stratégie la plus répandue. Elle permet au participant de planifier un itinéraire. Certains opteront pour un itinéraire qui leur permet d'emprunter un chemin déjà emprunté (La. : « *Comme je suis déjà venue par ici et je sais qu'on y arrive, je préfère aller par là.* »). C'est un gage d'efficacité, le sujet sait qu'il pourra y arriver, puisqu'il est déjà allé par là. Il n'est pas nécessaire de reconfigurer un nouvel itinéraire. D'autres préfèrent, au contraire, élaborer un nouveau parcours leur permettant de découvrir de nouvelles routes, ils optent pour « *voir autre chose* » (L.).

Certains sujets ont une représentation mentale de l'environnement et savent où se trouve l'item recherché mais veulent tout de même consulter le plan (J. : « *C'était en Asie, tout par-là, mais je veux bien revoir la carte.* »). Cette stratégie peut mettre en évidence une représentation mentale incomplète configurant les différents éléments mais ne présentant pas les routes, ou tout simplement une stratégie de sécurité.

Certains participants, lorsqu'on leur demande de localiser un animal, vont entreprendre d'en localiser un autre, très proche de celui demandé, Ad. : « *En fait, je cherche après les zèbres, pas les girafes parce que je sais que les zèbres sont tout près des girafes.* ». Nous avons appelé cette stratégie « la ligne d'arrêt », elle sera explicitée en détail plus bas (p. 125).

L'autre ressource externe dont disposent les participants est l'infrastructure du parc lui-même. Certains participants vont mobiliser les deux ressources externes ; plan et infrastructure dans une même stratégie. Certains font concorder le plan avec l'environnement. Ils s'arrêtent devant un point de repère qu'ils décident de repérer sur le plan. Ça leur permet de faire le lien entre un point de repère et une vision *survey*.

D'autres effectuent des choix de navigation uniquement par rapport à l'infrastructure (*« Je vois des pneus suspendus, je sais qu'on met ça pour les singes et puis je vois qu'on rentre dans la zone Afrique.* », « *On va aller par là-bas, parce qu'il y a un panneau.* »).

Enfin, les sujets ne sachant pas ce qu'ils cherchent peuvent décider d'être systématiques, parfois avec un critère, comme regarder tous les oiseaux (Ad. : « *…je vais être obligée de lire tous les panneaux que je vois.* »). Cette stratégie se rapproche du processus auto-terminatif définit par

Rouet et Tricot (1998) qui consiste à évaluer la valeur d'intérêt d'une catégorie et d'effectuer un choix en conséquence. Ici, par exemple, évaluer si la zone pourrait renfermer des oiseaux, si c'est le cas, le sujet y pénètrera, si ce n'est pas le cas, il effectuera un autre choix de navigation.

Comme dans l'environnement hypermédia, les stratégies de navigation dans l'environnement physique peuvent être dépendantes du contexte de navigation. Nous remarquons deux stratégies ne s'effectuant que dans le cas où le participant ne sait pas ce qu'il cherche ; la navigation systématique, et la localisation d'items inconnus.

2.1.3 Relations entre les stratégies de navigation

Nous avons observé les relations qu'entretiennent les stratégies de navigation dans les différents environnements. Ainsi, nous avons réalisé des tableaux croisés afin de visualiser quelle stratégie était associée à une autre ou au contraire, lesquelles s'excluaient et ce au sein même d'un environnement mais également dans l'un et dans l'autre[8]. Ces résultats issus d'un travail d'analyse seront présentés en détail ci-après (p.115).

2.1.4 Représentations graphiques des parcours

Afin de pouvoir visualiser de façon lisible les parcours des participants dans les différents environnements, nous avons réalisé des graphiques[9]. Nous avons sélectionné les points de repère saillants du zoo que nous avons placé en ordonnée, alors que l'axe des abscisses est dédié au temps. Les boules sont les points que devaient localiser les participants. Par convention, nous avons renommé les participants en ne gardant que les premières lettres de leur prénom. Ainsi, nous pouvons aisément visualiser à quel moment et où se trouve un participant. Pour le zoo, nous avons mis en perspective l'axe de chaque participant avec celui du participant le plus rapide (Figure 29).

[8] Voir annexe 4 .
[9] C'est-à-dire les points de décisions, les endroits visités par tous ou partie des participants.

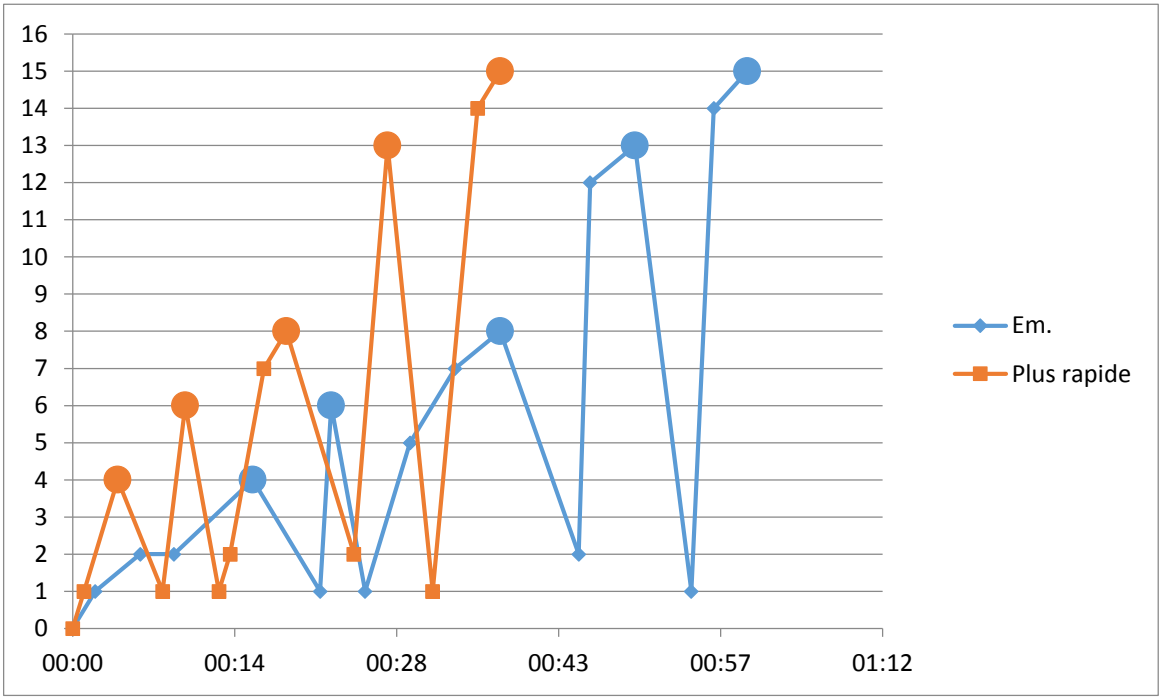


Figure 29:Exemple d'un parcours du zoo

Pour l'hypertexte, nous avons représenté graphiquement les séquences de navigation, c'est-à-dire, la succession de pages visitées pour atteindre la page du but de la tâche (représentée par une boule). L'axe des abscisses représente les tâches et l'axe des ordonnées les 45 pages de l'hypertexte. Ce qui se trouve entre deux chiffres de l'axe des abscisses représente donc la navigation effectuée par le sujet pour atteindre l'information-cible. Les pages ont été organisées en ordonnée afin de pouvoir visualiser la navigation qui s'effectuait à partir d'un niveau de hiérarchie. Ainsi, 0 représente la page « accueil », 1 la page « Europe », tout ce qui se trouve entre 1 et 14, référence les animaux disponibles sous l'onglet « Europe ». Le 14 représente la page « Asie » et tout ce qui est compris entre 14 et 19, les animaux disponibles depuis la page « Asie ». Le numéro 10 correspond à la page « Amérique » et les suivant, jusque 32, les animaux disponibles depuis la page « Amérique ». Le 32 correspond à la page « Océanie » et jusqu'au 37 les animaux présentés au sein de ce continent. Le 37 correspond à la page « Afrique » et les autres numéros jusque 44, les animaux accessibles depuis cette page. Enfin, la page 45 correspond au plan du site. Pour chaque participant, le parcours de navigation a été mis en exergue avec la séquence de parcours optimale, c'est-à-dire, le parcours comportant strictement le nombre de pages nécessaires à la réalisation des tâches.

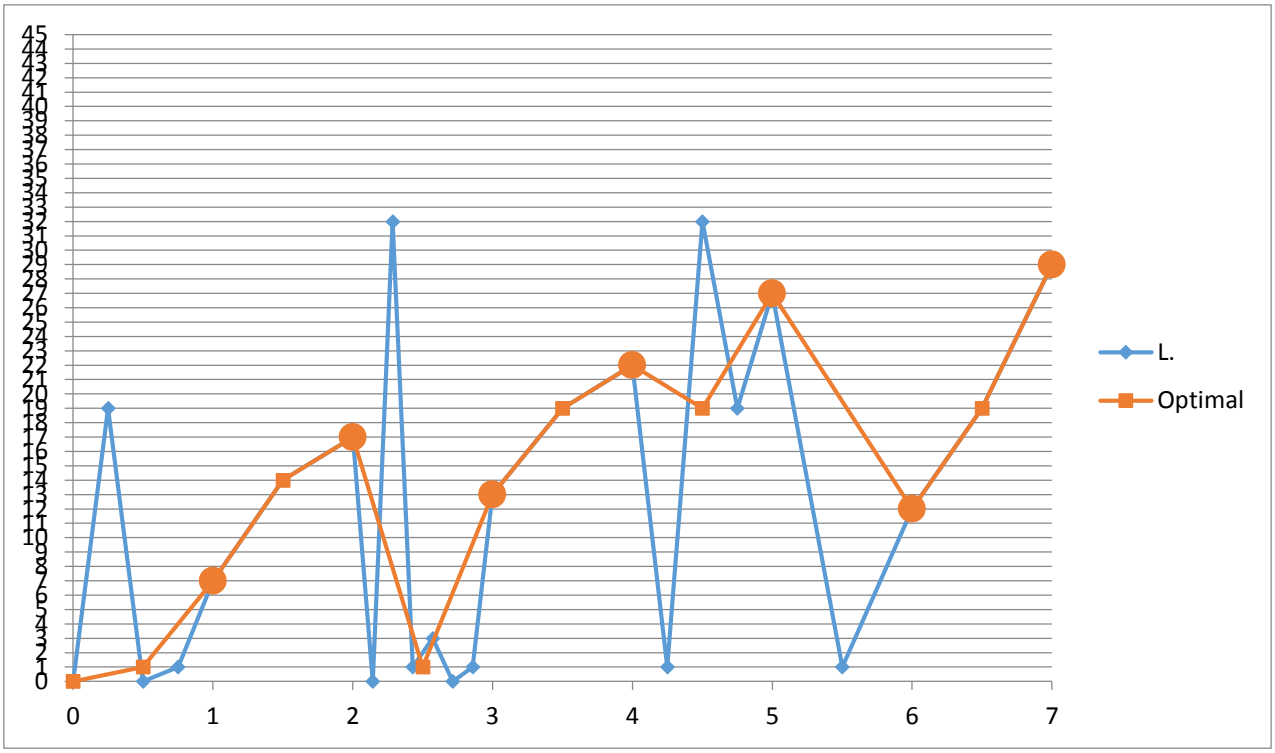


Figure 30:Exemple d'un parcours hypermédia

Ces graphiques permettent d'illustrer certaines stratégies définies plus haut. Ainsi, nous pouvons clairement visualiser, dans l'encadrement rouge de la Figure 31, la navigation systématique lors de la tâche 2. Nous pouvons nettement observer que depuis la page d'un continent sélectionné, chaque page est visitée, en revenant à la page du continent jusqu'à ce que tous les liens soient visités et que l'utilisateur passe au continent suivant.

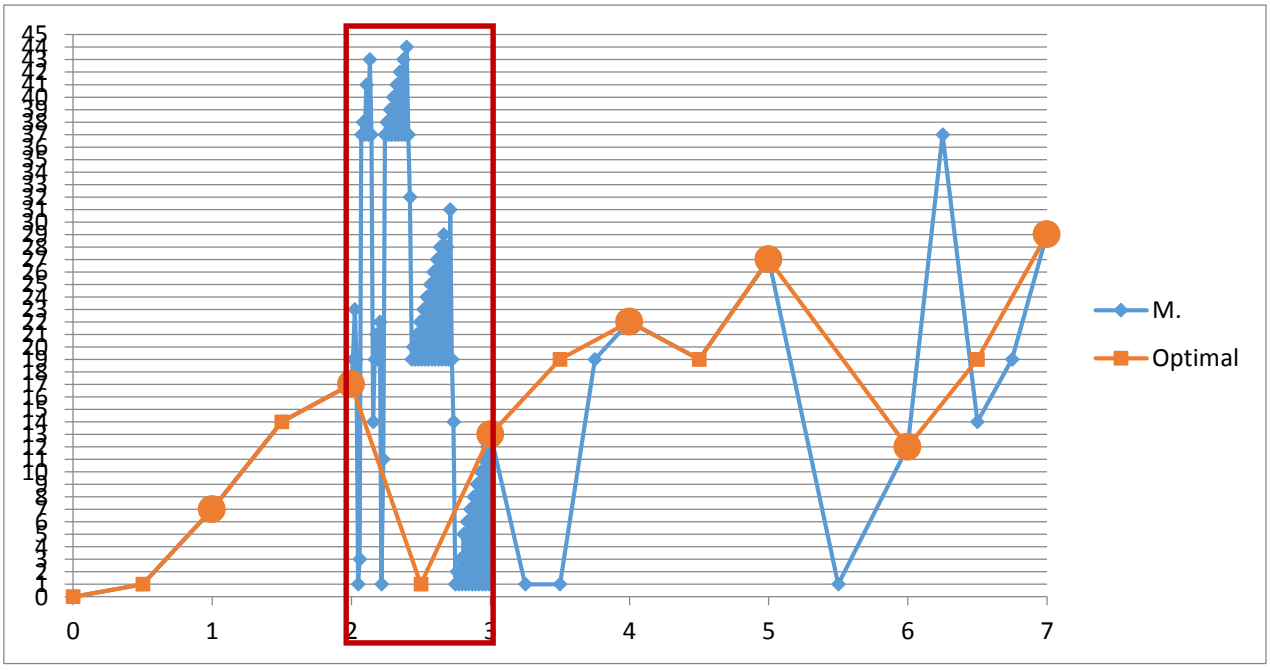


Figure 31: Illustration de la navigation systématique

Nous pouvons également clairement visualiser les individus qui se sont construit, ou non, une représentation mentale de l'environnement hypermédia et qui donc, ont pu, ou non, réaliser les 4 dernières tâches de tête, c'est-à-dire en cliquant directement sur le continent permettant d'accéder au nœud recherché. C'est le cas pour la Figure 33, alors que nous pouvons visualiser dans la Figure 32 que le participant s'éloigne du parcours optimal et a donc échoué à localiser les quatre dernières tâches de mémoire.

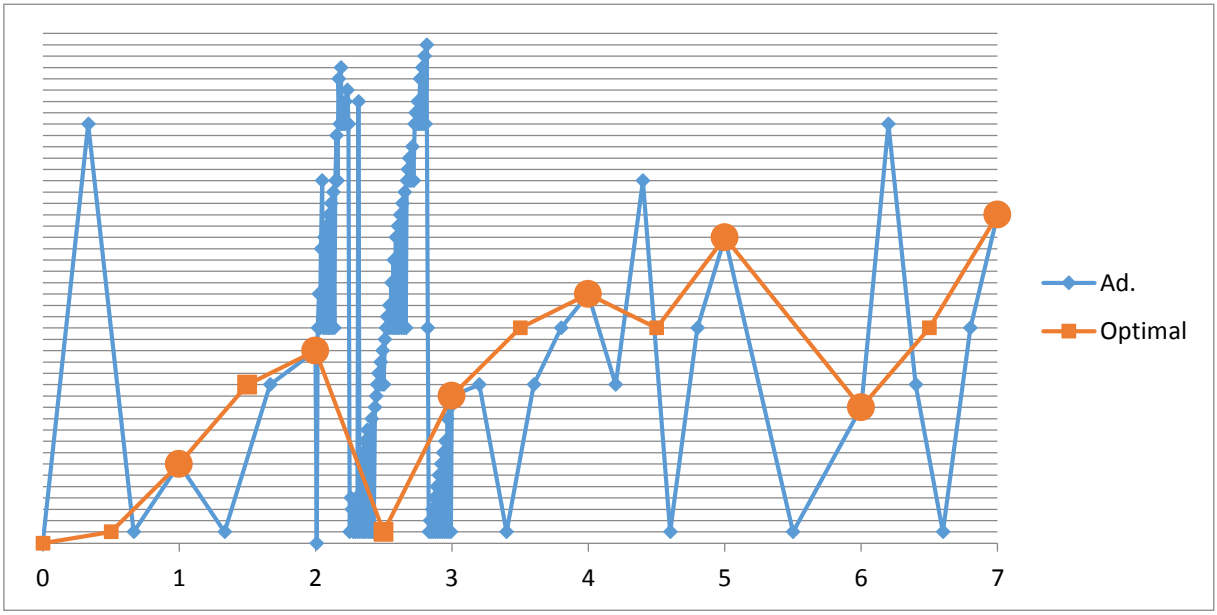


Figure 32: Illustration de non-construction de représentation mentale de l'environnement (hypermédia)

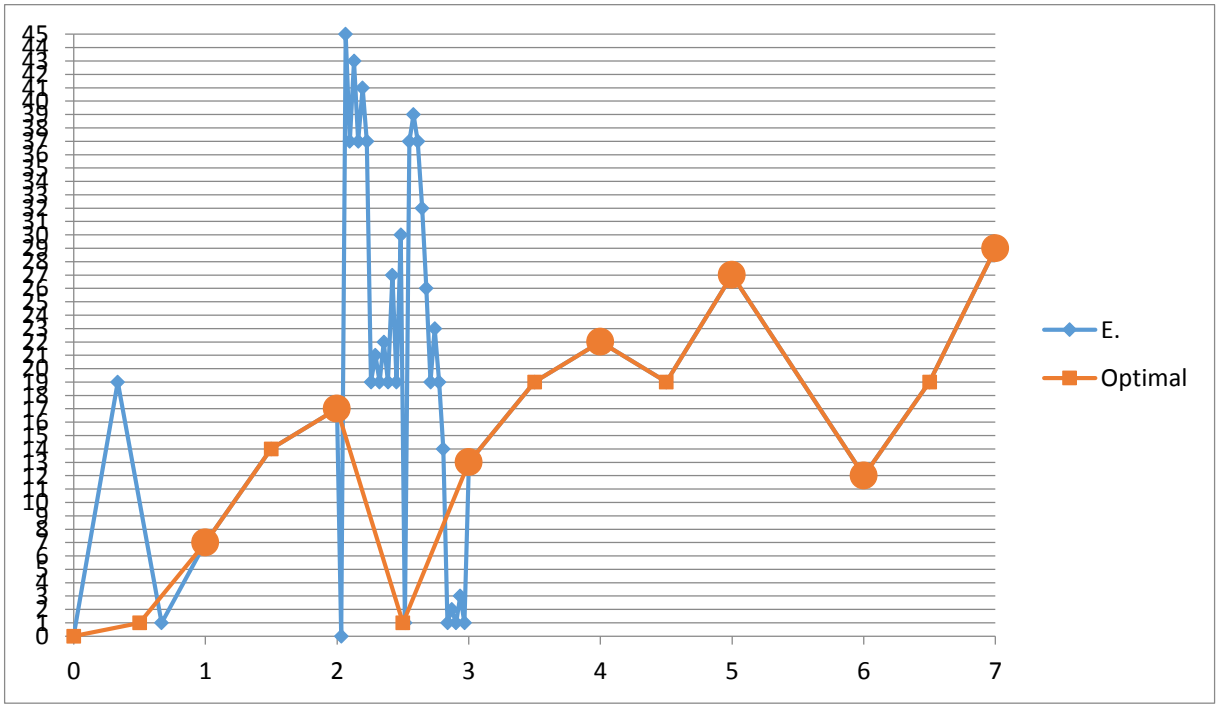


Figure 33:Illustration d'une construction mentale de l'environnement (hypermédia)

Chapitre 2 : Interprétations des observations

Dans un premier temps, nous présenterons les stratégies de navigation observées dans l'environnement hypermédia. Nous les mettrons en perspective les unes avec les autres afin d'observer celles qui ont tendance à s'exclurent ou au contraire, à s'associer. Ensuite, nous aborderons les stratégies mises en place dans l'environnement physique et nous tenterons de voir de quelle stratégie hypertextuelle elles sont le pendant dans la finalité de la stratégie ou par rapport aux ressources mobilisées, par exemple. Les descriptions des stratégies seront accompagnées d'un tableau reprenant les sujets ayant mis en place cette stratégie, leur score aux tests d'HVS, la condition dans laquelle ils ont réalisé l'expérimentation (avec ou sans l'étude du plan au préalable) et leur indice d'efficacité, calculé d'après la formule de Smith (1996) (p.98). L'indice d'efficacité repris dans le tableau est l'indice moyen de l'individu calculé à partir des indices d'efficacité qu'il a obtenu sur les 7 tâches. La moyenne indiquée en tête de colonne est la moyenne des moyennes de tous les participants.

1. Les stratégies de navigation

Nous avons recensé tous les comportements de navigation que nous avons pu quelques fois regrouper sous une même stratégie. Afin de mettre en évidence les comportements qui s'associent, qui s'excluent ou le profil de participants optant pour des comportements particuliers, nous avons réalisé des tableaux. Ceux-ci se retrouvent annexes 1, 2 et 3. Nous allons ici présenter interpréter les résultats de ces analyses. Nous commencerons par exposer les observations issues de la navigation hypermédia et poursuivrons en présentant les relations observées entre les comportements relevés dans les deux environnements.

1.1 La navigation hypermédia

1.1.1 La navigation sémantique

La stratégie de navigation sémantique est utilisée par tous les participants. Elle consiste à mobiliser les connaissances antérieures sur le sujet présenté afin d'effectuer des choix de navigation. Ces connaissances antérieures permettent de construire du sens entre la question posée et les ressources informationnelles présentées au sein de l'interface. Ainsi, pour la question 2, « *Combien pèse le panda géant* ? », tous les participants cliquent sur l'onglet Asie, car, tous savent que les pandas évoluent sur le continent asiatique.

1.1.2 La navigation spatiale

Nous avons remarqué que lors d'une tâche pour laquelle l'utilisateur a une représentation mentale floue ou partielle du but de la tâche, ses connaissances antérieures ne lui permettent pas de mettre en place une stratégie de navigation sémantique. C'était le cas, pour la majorité des participants pour la tâche 3, dans l'hyperdocument (« *Les petits d'un animal omnivore sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il ?* »). Certains participants se sont construit une représentation mentale spatiale de l'organisation de l'information au sein de la page et c'est lors de cette tâche que nous observons sa mobilisation. Pourtant, aucune organisation commune ne structurait les pages. Néanmoins, cinq sujets, ont construit une représentation de l'organisation. Exemples, O. : « *La nourriture, c'est en bas*. », T. : « *Les infos sur la reproduction, c'est dans le début du texte*. », V. « *L'alimentation, en général, c'est vers la fin* ». Nous pensons que les individus mobilisent davantage une représentation spatiale, lorsque leurs connaissances antérieures ne leur permettent pas de mettre en place une navigation sémantique.

Le tableau ci-dessous nous informe qu'il s'agit majoritairement d'individus ayant des HVS supérieures qui ont mobilisé cette stratégie. La constitution d'une représentation mentale de l'organisation de l'information au sein de la page et sa mobilisation pour effectuer des choix stratégiques serait facilitée par des HVS élevées.

Participants ayant construit une représentation mentale de l'organisation de l'information			
Sujets	**HVS** (M=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
O.	8,75	Avec	0,41180545
T.	16	Sans	0,36322221
V.	17	Sans	0,27247962
St.	23,5	Avec	0,218509
D.	26	Sans	0,45949706

Nous avons remarqué un comportement quelque peu semblable chez un autre participant (HVS- : 14,75). Au cours de la tâche 3, la navigation sémantique n'étant pas efficace, le sujet va consulter le plan du site. Il mobilise une ressource spatiale externe à partir de laquelle il va élaborer un itinéraire (P-C-R) (Figure 34).

Ce qui distingue ces deux cas de figure c'est que, dans le premier, la ressource spatiale mobilisée est interne et émane directement de la construction cognitive du sujet, alors que dans le deuxième cas, il s'agit de la mobilisation d'une ressource externe, n'émanant pas des

ressources cognitives de l'individu mais directement des ressources disponibles dans l'environnement.

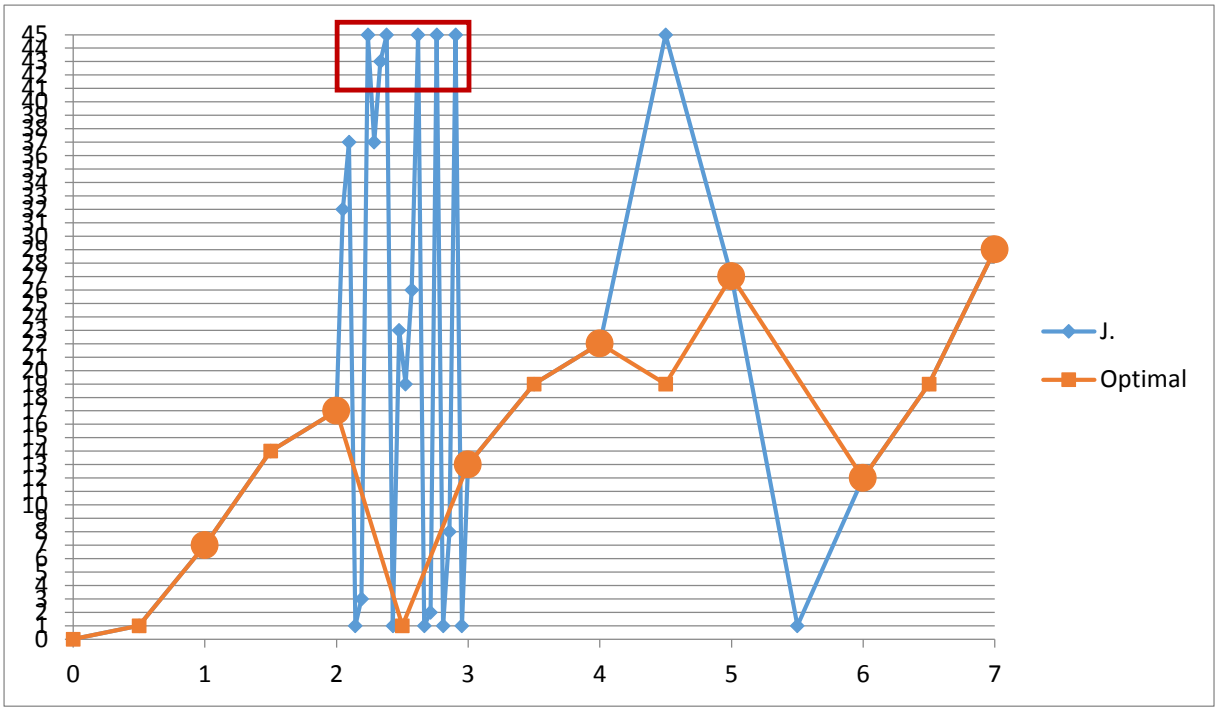


Figure 34: Illustration de consultation du plan

Nous pouvons remarquer qu'il clique encore une fois sur le plan, lors de la tâche 5. Quand nous lui avons demandé pourquoi, il répondra « *Par réflexe* ». Le recours à une représentation spatiale s'opère bien lorsque la stratégie sémantique n'est pas suffisante.

1.1.2.1 La stratégie Plan-Cible-Route (P-C-R)

Certains sujets ont pour routine, par exemple au commencement d'une nouvelle tâche, de consulter le plan afin d'identifier une cible et de définir la route à emprunter. Peu de sujets ont mis en place cette stratégie (4) puisque d'une manière générale, peu de participants ont consulté le plan. Nous pouvons observer que, les participants ayant mis en place cette stratégie ont généralement un indice d'efficacité moyen supérieur à la moyenne et que, par conséquent, cette stratégie n'est pas efficace.

Participants mettant en place une stratégie Plan-Cible-Route			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Je.	6,75	Sans	0,38781634
J.	14,75	Avec	0,20529707
Max.	20	Sans	0,46141956
D.	26	Sans	0,45949706

1.1.2.2 La navigation systématique

La navigation systématique est une stratégie mobilisée par 13 sujets (sur 24). Elle consiste à cliquer sur tous les liens dans l'ordre que propose l'interface à partir de la page d'un continent. Ainsi, l'utilisateur clique successivement sur tous les liens référencés puis passe au continent suivant et ce jusqu'à ce qu'il localise l'information recherchée. Cette stratégie peut être visualisée dans la Figure 31, p.114.

Nous pouvons souligner la popularité de cette stratégie mais également la diversité des profils de participants l'ayant mobilisée, HVS+, HVS-, autant dans l'une condition que dans l'autre (par rapport à l'étude préalable du plan), mais avec une majorité de participants ayant obtenu un indice d'efficacité moyen supérieur à la moyenne et donc étant moins efficaces.

Participants mettant en place une stratégie de navigation systématique			
Sujets	**HVS** (*M*=16, 25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Ad.	0,75	Non	0,52485343
S.	2,75	Oui	0,27672264
M.	6,75	Oui	0,34919168
O.	8,75	Oui	0,41180545
P.	13	Oui	0,359117342
La.	14,25	Non	0,28108732
T.	16	Non	0,36322221
V.	17	Non	0,27247962
Max.	20	Non	0,46141956
Li.	18,25	Non	0,33088204
N.	19,5	Non	0,37668231
Co.	24	Oui	0,34956297
Em.	24,75	Oui	0,51876684

1.1.2.3 Exploration/onglets versus systématique/back

Nous avons observé que, parmi les individus qui décident d'entreprendre une navigation systématique, certains utilisent le bouton « back » pour revenir sur la page du continent (à un niveau de la hiérarchie supérieur à celui d'une page « animal »). Par contre, lorsqu'ils ont une représentation précise de la tâche (qu'ils savent ce qu'ils cherchent) ou qu'ils explorent l'environnement (c'est-à-dire qu'ils naviguent davantage dans le but d'avoir une idée de l'organisation de l'interface), ils naviguent directement via les onglets des continents. Il s'agit donc de la combinaison de deux stratégies qui s'actualise en fonction du contexte de navigation.

Nous avons remarqué que les participants dont nous parlons ici avaient obtenu un score plutôt faible aux tests cognitifs d'habiletés visuo-spatiales et ont tendance à avoir un indice d'efficacité moyen plus élevé que la moyenne et donc à être moins efficaces que la moyenne.

Exploration : onglets vs. Navigation : back			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Ad.	0,75	Sans	0,52485343
M.	6,75	Avec	0,34919168
O.	8,75	Avec	0,41180545
P.	13	Avec	0,359117342
T.	16	Sans	0,36322221
V.	17	Sans	0,27247962

1.1.2.4 L'utilisation d'outils de navigation

Certains sujets consultent directement le plan (non cliquable) du site alors que d'autres préfèrent parcourir les onglets « continents », sans cliquer sur leur contenu, simplement pour avoir une vue d'ensemble de la structure de l'interface. Il s'agit, dans les deux cas, de consultation d'outil de navigation puisque, que ce soit le plan ou les onglets, ils permettent à l'utilisateur d'avoir une vision d'ensemble de l'architecture de l'hyperdocument.

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessous qu'il n'est pas possible de dégager un profil particulier d'utilisateur recourant à la consultation d'outils de navigation puisqu'ils présentent des profils différents à la fois en termes d'HVS, d'efficacité ou de condition de passation.

Utilisation d'outils de navigation			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*= 0,33118073
Je.	6,75	Sans	0,38781634
O.	8,75	Avec	0,41180545
M.	10,75	Avec	0,34919168
La.	14,25	Sans	0,28108732
J.	14,75	Avec	0,20529707
Li.	18,25	Sans	0,33088204
Max.	20	Sans	0,46141956
A.	21,75	Avec	0,24214548
D.	26	Sans	0,45949706

1.1.2.5 Le retour à la page d'accueil

Enfin, certains sujets (5) décident de retourner « *au début* » lorsqu'ils ne trouvent pas l'information recherchée. Le fait qu'ils conceptualisent un « début » renvoie à une représentation mentale linéaire de la structure. Elle répond en fait à un usage précis : pouvoir

retourner à un point de repère familier à partir duquel une nouvelle stratégie pourra être mise en place (comme une stratégie systématique, par exemple). Il s'agit donc aussi du « début de l'interaction », où l'utilisateur décide de recommencer son processus de recherche à partir d'un point de repère précis, ici la page d'accueil du site.

La majorité des participants recourant à cette stratégie ont des HVS supérieures et un indice d'efficacité proche de la moyenne.

Sujets qui retournent au début			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*= 0,33118073
M.	6,75	Avec	0,34919168
V.	17	Sans	0,27247962
Li.	18,25	Sans	0,33088204
An.	19	Avec	0,28317659
Co.	24	Avec	0,34956297

1.1.3 Relations entre les stratégies de navigation

Certaines stratégies de navigation sont en réalité la spécificité d'une autre. C'est le cas de la stratégie P-C-R qui est une spécificité de la stratégie de consultation d'outils de navigation. Nous retrouvons cette même dynamique pour la stratégie qui consiste à cliquer sur les items inconnus et la navigation systématique. Parfois, une stratégie est mobilisée pour donner l'impulsion à une autre, c'est le cas de la stratégie qui consiste à retourner « *au début* », qui est suivie de la navigation systématique.

Mais il est également intéressant est de s'intéresser aux stratégies qui s'excluent. C'est le cas de la consultation d'outils de navigation qui n'est généralement pas associée à celle de retourner au début (1/9) ou de cliquer sur les items inconnus (1/9). Nous pouvons remarquer que les utilisateurs qui ont recours à des outils de navigation ne se sont généralement pas construit de représentation mentale de la structure (1/9). En effet, ils ont préféré extérioriser cette représentation et consulter une représentation externe.

Nous avons également remarqué que les participants mettant en place une stratégie P-C-R ne mobilisaient pas la stratégie de retourner au début. Ce sont des stratégies qui s'excluent l'une l'autre. Nous pouvons tenter une interprétation selon laquelle elles rempliraient la même fonction au sein de la tâche.

1.1.3.1 Stratégies d'économie cognitive

Au cours des analyses des stratégies observées, nous avons dégagé un concept récurent qui caractérise un grand nombre de celles-ci : l'économie cognitive.

Comme nous l'avons déjà exposé, lors de tâches complexes, la mémoire peut se trouver surchargée (Sweller, 1988). C'est le cas, notamment lors de tâche de recherche d'information dans un environnement hypermédia. En effet, l'utilisateur doit se construire de multiples représentations mentales : de la structure spatiale de l'interface et de son contenu sémantique (Dillon, 2000), de la tâche elle-même (Rouet & Tricot, 1998), mais également de la navigation qu'il va mettre en place (Maglio & Barrett, 1997). Si le système lui-même peut mettre en place des dispositions pour aider la gestion cognitive (Rouet & Tricot, 1998), nous avons remarqué que l'utilisateur mobilise des stratégies, des routines dont l'objectif est d'économiser sa mémoire, et ainsi, de gérer la charge cognitive inhérente à la tâche. Nous avons appelé celles-ci, des stratégies d'économie cognitive.

Nous allons donc ici revenir sur quatre des stratégies observées et décrites ci-dessus (la navigation systématique, l'utilisation du bouton « back » dans le cadre d'une navigation systématique, le recours à des outils de navigation et le retour à la page d'accueil) et proposer une interprétation de la mobilisation de celles-ci en termes d'économie cognitive. Notons que ces stratégies sont généralement observées lors de la tâche pour laquelle l'utilisateur a une représentation floue de son but.

La navigation systématique est une stratégie très légère cognitivement puisqu'elle dispense l'utilisateur d'effectuer des choix de navigation. En effet, c'est l'interface, par sa présentation, qui dicte le lien sur lequel cliquer. Cette stratégie permet donc à l'utilisateur de ne pas surcharger la mémoire avec la planification d'un itinéraire ou un choix de navigation.

L'utilisation du bouton « back » a souvent été catégorisée comme indicateur d'inefficacité ou de désorientation (Blustein et al., 2008). Tout comme Tauscher et Greenberg (1997), nous pensons que ce genre de comportement, notamment dans le cadre d'une navigation systématique, est davantage un indicateur d'une gestion de la charge cognitive. De fait, l'utilisation du bouton « back » permet à l'utilisateur de ne pas encombrer sa mémoire de la position de la page qu'il consulte. Il lui suffit de revenir en arrière et de cliquer sur le lien succédant celui qu'il vient de visiter.

Le tableau de la page 119 nous montre que les individus ayant mis en place cette stratégie sont généralement des individus avec de faibles HVS. Ainsi, nous pensons que l'utilisation du bouton « back » permet aux individus avec de faibles HVS de ne pas surcharger leur mémoire.

Nous avons par ailleurs remarqué que les individus mobilisant cette stratégie n'ont pas conscience de la structure du système. En effet, lorsqu'ils visitent le dernier lien proposé sur la page d'un continent, ce n'est que quand ils cliquent sur « back », et qu'ils s'aperçoivent qu'ils ont cliqué sur tout, qu'ils passent alors au continent suivant. De plus, nous avons observé que ces utilisateurs ne s'étaient absolument pas construit de représentation de l'environnement par apprentissage primaire (McDonald & Pellegrino, 1993). En effet, ceux-ci n'ont pas été capables de localiser les quatre dernières informations sans se tromper, ce qui, d'après nous aurait été le cas s'ils avaient construit mentalement une image de la structure du document. Nous pouvons supposer que l'utilisation du bouton « back » a déchargé la mémoire d'une représentation mentale de l'environnement mais que cet allégement de la mémoire a également eu comme impact le fait que l'utilisateur n'a pas construit de représentation mentale qui aurait pu lui être utile tout au long de la navigation, et notamment pour localiser les 4 dernières tâches.

La consultation d'outils de navigation est également une stratégie d'économie cognitive. Elle permet à l'utilisateur de passer d'une perspective piéton ou de parcours à une perspective du regard dans un cadre centré sur l'environnement (Daniel, 2012), sans traitement cognitif. Le changement de perspective est extériorisé et matérialisé par les dispositions de l'interface et évite donc de charger la mémoire de l'utilisateur.

Enfin, le retour à la page d'accueil est également une stratégie qui permet d'éviter une surcharge cognitive. De fait, la page *HOME* fonctionne comme *navigational hub* (Herder & Juvina, 2004), un point de repère familier emprunté par l'utilisateur de façon routinière. Même si ce n'est pas la stratégie la plus rapide, elle permet à l'individu de ne pas conceptualiser un itinéraire totalement nouveau, de ne garder en mémoire qu'une partie de l'environnement et ainsi éviter sa surcharge.

1.2 Relations entre les stratégies hypermédia et les stratégies physiques

Nous allons ici présenter les stratégies observées dans l'environnement physique que nous pouvons rapprocher de celles observées dans l'interaction avec le système hypermédia. Ces rapprochements peuvent être de différentes natures : des stratégies dont la finalité est identique, des comportements mobilisant le même type de ressources ou encore mobilisés par les mêmes individus dans les deux environnements.

1.2.1 La familiarité de l'itinéraire

L'une des deux stratégies les plus populaires (14/24) utilisées dans le zoo est celle de choisir un chemin déjà emprunté, c'est-à-dire déjà connu. Il s'agit ici d'une stratégie qui permet de réduire le nombre de routes à configurer mentalement, d'éviter d'envisager un nouvel itinéraire et ainsi de ne pas ajouter de nouveaux éléments à la représentation en mémoire en évitant ainsi de la surcharger.

Dans la navigation hypertextuelle, nous pouvons rapprocher la finalité de cette stratégie aux pratiques de routines, comme celle qui consiste à retourner sur la page d'accueil (5/24), que les participants conceptualisent comme « début », ou encore l'utilisation du bouton « back », pour revenir « en arrière », c'est-à-dire, sur leurs pas, en quelque sorte.

Parmi les participants qui préfèrent prendre un chemin qu'ils connaissent dans le zoo, six d'entre eux utilisent un outil de navigation dans l'hypertexte (le plan ou les onglets). Dans les deux cas, il s'agit de procéder à une économie cognitive. Ce sont des participants aux profils extrêmement variés que ce soit sur le plan des HVS, de l'efficacité ou des conditions de passation (avec ou sans étude de la carte avant la navigation).

Stratégie du chemin connu dans le zoo et consultation d'outils de navigation hypermédia			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*= 0,33118073
Je.	6,75	Sans	0,38781634
O.	8,75	Avec	0,41180545
Ma.	10,75	Avec	0,357302223
La.	14,25	Sans	0,28108732
J.	14,75	Avec	0,20529707
Li.	18,25	Sans	0,33088204
A.	21,75	Avec	0,24214548

Sur les six participants qui ont utilisé le bouton « back » dans l'environnement hypermédia, cinq ont préféré prendre un chemin qu'ils connaissaient dans le zoo. Il s'agit pour grande partie d'individus avec des HVS faibles. Ainsi, ces deux stratégies permettraient aux HVS- de s'économiser cognitivement.

Stratégie du chemin connu dans le zoo et utilisation de back			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Ad.	0,75	Sans	0,52485343
O.	8,75	Avec	0,41180545
P.	13	Avec	0,359117342
T.	16	Sans	0,36322221
V.	17	Sans	0,27247962

Sur les cinq participants qui utilisent la stratégie de « retourner au début » dans l'hypertexte, trois préfèrent emprunter un chemin qu'ils ont déjà emprunté dans le zoo. Dans ce cas-ci il s'agit de stratégies mobilisées par des HVS+.

Stratégie du chemin connu dans le zoo et retour au début			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
V.	17	Sans	0,27247962
Li.	18,25	Sans	0,33088204
An.	19	Avec	0,28317659

Nous avons également observé que parmi les quatorze participants qui choisissent un chemin qu'ils connaissent, neuf, ont opté pour une navigation systématique dans l'hypertexte. La navigation systématique consiste à cliquer sur tous les liens, dans l'ordre présenté par la structure-même de l'interface et donc à ne pas opérer de choix de navigation. Si ces deux traitements ne sont pas le pendant l'un de l'autre, ils ont tous deux pour objectif d'alléger la charge cognitive ; d'un côté, en évitant de planifier un itinéraire totalement nouveau et de l'autre en laissant le système dicter les liens sur lesquels cliquer. Ces stratégies sont mobilisées par des profils hétérogènes au regard des HVS, de l'efficacité ou des conditions de passation.

Stratégie du chemin connu dans le zoo et navigation systématique			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Ad.	0,75	Sans	0,52485343
S.	2,75	Avec	0,27672264
O.	8,75	Avec	0,41180545
P.	13	Avec	0,359117342
La.	14,25	Sans	0,28108732
T.	16	Sans	0,36322221
V.	17	Sans	0,27247962
Li.	18,25	Sans	0,33088204
Em.	24,75	Avec	0,51876684

1.2.2 La ligne d'arrêt

La seconde stratégie la plus populaire mobilisée dans l'environnement physique est, ce que nous avons appelé, la stratégie de la ligne d'arrêt. La stratégie de la ligne d'arrêt se caractérise par le fait que l'individu choisi un point de repère butoir et construit son orientation en fonction de ce point de repère plutôt qu'en fonction du but de la tâche. Notons que ce point de repère a un statut particulier car il est associé à une tâche singulière, qui ne sera pas pertinente pour une autre tâche. C'est un point de repère auquel est associée la nécessité d'une prise de décision. Une fois le point de repère atteint, il faut planifier la suite de l'opération. Ce point de repère particulier, nous l'appellerons, la ligne d'arrêt. Il se distingue du *navigational hub* (Herder &

Juvina, 2004), par le fait qu'il est associé à une tâche précise et qu'il ne fait pas l'objet d'une routine. Ainsi, nous avons remarqué que pour la tâche « *Trouve la girafe !* », la plupart des participants construisaient leur orientation pour aller au zèbre, sachant que le zèbre et la girafe se trouvent dans la même zone. Durant cette tâche, leurs verbalisations tournent essentiellement autour du zèbre et non de la girafe. Le zèbre fonctionne comme ligne d'arrêt. Les participants savent qu'une fois qu'ils auront pu rejoindre le zèbre, la girafe ne sera plus très loin, ils devront refaire un choix de navigation comme revenir quelque peu sur leurs pas pour certains, ou bifurquer pour d'autres. Ad. commente « *En fait, je cherche après les zèbres, pas les girafes, parce que je sais que les zèbres sont tout près des girafes*. ». Ce concept est une adaptation de « la ligne d'arrêt », empruntée à l'entrainement militaire de la défense belge lors d'exercices d'orientation. Les militaires identifient une ligne d'arrêt qu'ils ne peuvent dépasser afin de se rendre au lieu indiqué. S'ils se retrouvent à la ligne d'arrêt, ils savent qu'ils viennent de dépasser le lieu recherché et doivent donc se réorienter[10].

Dans l'hypertexte, la stratégie de la ligne d'arrêt est utilisée par tous les participants pour toutes les tâches, sauf pour celle lors de laquelle ils ne savent pas ce qu'ils cherchent. En effet, dans l'hypertexte, la stratégie de la ligne d'arrêt est associée à la stratégie de recherche sémantique. Lors des tâches de localisation de cible unique et localisée dont l'individu à une représentation précise (Tricot, 1993), l'utilisateur va rechercher la page de l'animal sur laquelle la question porte. Ainsi, pour la question « *Combien mesure la queue du castor ?* », le participant, dans un premier temps, ne recherche pas à localiser la taille de la queue du castor mais il cherche uniquement à localiser la page de cet animal en se basant sur ses connaissances antérieures et en consultant la page du continent qu'il associe au castor[11]. Une fois la ligne d'arrêt atteinte, il va redéfinir sa tâche, alors qu'il sait qu'il est très proche de l'atteindre. Lors de la tâche deux, alors que la question ne communique pas une ligne d'arrêt définie (« *Les petits d'un animal omnivores sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il* ? »), un participant, pense au renard, et utilise la page du renard comme ligne d'arrêt. Mais le renard ne fait pas partie des animaux présentés. Rapidement, l'utilisateur se rend compte que cette stratégie ne pourra pas fonctionner et il décide alors, d'entreprendre une navigation systématique. D'autres, tenteront plusieurs stratégies de ligne d'arrêt pour réaliser cette tâche : la page de l'écureuil roux, du suricate, par exemple. Après plusieurs tentatives infructueuses, ils se rabattront également sur

[10] Explications recueillies auprès du Chef Keutgen.
[11] Les participants qui ont étudié le plan de l'environnement auront tendance à s'orienter davantage par rapport à la représentation mentale de l'environnement qu'ils ont en mémoire plutôt que par rapport à leurs connaissances antérieures.

une navigation systématique. Si ces deux stratégies sont apparentées, il faut souligner que celle de l'environnement hypermédia est caractérisée par une dimension hiérarchique (la page du castor renferme l'information recherchée), ce qui n'est pas le cas dans l'environnement physique.

Ainsi, les quatorze participants (sur 24) qui utilisent la stratégie de la ligne d'arrêt procèdent tous de la même façon dans l'hypertexte. Néanmoins, l'inverse n'est pas vrai, puisque si tous les participants utilisent la ligne d'arrêt dans l'hypertexte, seuls 14 participants le font également dans le zoo. Nous pouvons remarquer que la stratégie de la ligne d'arrêt est autant mobilisée par des HVS+ que par des HVS-.

Stratégie de la ligne d'arrêt dans le zoo			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
Ad.	0,75	Sans	0,52485343
S.	2,75	Avec	0,27672264
M.	6,75	Avec	0,34919168
O.	8,75	Avec	0,41180545
Ma.	10,75	Avec	0,357302223
J.	14,75	Avec	0,20529707
T.	16	Sans	0,36322221
V.	17	Sans	0,27247962
Li.	18,25	Sans	0,33088204
An.	19	Avec	0,28317659
A.	21,75	Avec	0,24214548
L.	22,50	Sans	0,2502796
St.	23,50	Avec	0,218509
Em.	24,75	Avec	0,51876684

Parmi ces 14 sujets, huit ont opté pour une navigation systématique dans l'hypertexte (en bleu).

1.2.3 L'externalisation du changement de type de représentation

Dans le zoo, douze sujets, décident de faire concorder le plan avec l'environnement. C'est-à-dire que le participant s'arrête à un point de repère déjà connu ou facilement identifiable et le recherche sur le plan afin de pouvoir déterminer où il se trouve et où il doit aller. Cette opération permet d'extérioriser le passage d'une vision *route* de l'environnement à une vision *survey*. Le sujet ne doit pas faire d'opération mentale qui permettrait de configurer l'endroit où il se trouve par rapport à l'endroit où il doit aller. Il extériorise cette manipulation cognitive par le biais de la carte. Cette stratégie est davantage mise en place par des HVS+.

Parmi ces participants, la moitié (en bleu) a procédé de la même manière dans l'hypertexte, c'est-à-dire, qu'ils ont, à un moment ou à un autre, utilisé un outil de navigation afin d'accéder à une vision *survey* de la structure qui les dispense ainsi de la construire et/ou de la manipuler mentalement. Parmi ces participants, il est beaucoup moins évident de dégager un profil particulier.

Externalisation du changement de perspective dans le zoo			
Sujets	**HVS** (*M*=16,25)	**Etude du plan**	**Efficacité** (Smith, 1996) *M*=0,33118073
S.	2,75	Avec	0,27672264
Je.	6,75	Sans	0,38781634
O.	8,75	Avec	0,41180545
La.	14,25	Sans	0,28108732
Li.	18,25	Sans	0,33088204
A.	21,75	Avec	0,24214548
L.	22,50	Sans	0,2502796
St.	23,50	Avec	0,218509
B.	24	Sans	0,38639456
Co.	24	Avec	0,34956297
Em.	24,75	Avec	0,51876684
D.	26	Sans	0,45949706

2. Analyse du verbatim

Dans chaque environnement, après l'énonciation de chaque tâche, nous avons demandé aux participants de nous expliquer ce qu'ils allaient faire. Cette verbalisation a relativement bien fonctionné dans le zoo, mais dans l'hypertexte, la plupart des individus se lançaient dans la tâche de recherche d'information en éludant rapidement des explications.

Nous avons retranscrit les commentaires des participants dans les deux environnements lorsque ceux-ci se référaient à un cadre de référence ou à une perspective.

Dans le parc animalier, la grande majorité des commentaires sont de perspective piéton avec l'observateur comme cadre de référence (An. :« *On va arriver au zèbre après les oiseaux et tout ça, puis j'irai à gauche.* »). Notons que la verbalisation des intentions de navigation se fait, dans la grande majorité des cas, en regardant le plan. Les participants ont donc une perspective de survol qu'ils traduisent spontanément en perspective de piéton. C'est un phénomène courant que Daniel (2012) aborde : la description de parcours, qu'elle se fasse sur le terrain ou de mémoire adopte principalement cette perspective.

Treize participants verbalisent leurs intentions d'action en se basant sur un cadre de référence centré sur l'objet. Par exemple : Em., « *Je me souviens que le lion, c'était vraiment dans le*

fond », Max. « *On va au truc du milieu.*», M., parlant des girafes, « *Elles sont plutôt au fond, donc je continuerais par là.* ». Il s'agit donc d'un cadre de référence qui cible un objet, ici, le zoo entier ou l'une de ses zones. L'observateur conceptualise « un fond », « un milieu » et parfois même un « bout », exemple : La. « *La girafe est tout au bout* ». La plupart des participants (9) utilisant ce cadre ont étudié le plan avant la navigation et font donc référence à la construction mentale de l'environnement qu'ils ont en mémoire.

Nous avons remarqué que ce cadre de référence est également mobilisé par certains utilisateurs de l'hypertexte. Ce sont les participants qui se sont construit une représentation de l'organisation de l'information au sein de la page. Ces derniers prennent comme objet cible, la page consultée et font référence à sa structure dans les termes de « *le bas* » (O.), « *plus haut* » (S.), « *dans le début* » (T.).

Un autre participant adopte ce cadre, mais en prenant cette fois pour objet, l'ensemble du site : « *… pour repartir du point de départ*. » (B.).

Notons que la majorité des participants n'ont pas formulé de commentaires de ce type. Si l'emploi de verbes de déplacement est extrêmement fréquent lors de la navigation hypermédia (*je vais, je retourne*), les descriptions sont séquentielles et descriptives. L'utilisateur ne verbalise pas son action en termes de perspective ou de cadre de référence. L'utilisation de termes spatiaux peut référer au système ou au contenu sémantique. Dans le cas du contenu présenté il est possible d'envisager le domaine sémantique présenté selon une organisation spatiale, mais les commentaires recueillis ne permettent pas d'identifier si c'est la structure qui les pousse à utiliser des verbes spatiaux ou le contenu informationnel.

Le dispositif, son contenu, mais également son architecture n'a pas incité les participants à conceptualiser leurs actions en termes spatiaux. Ils ont mis l'accent sur le sémantique et certains d'entre eux, ont basculé vers une représentation et une conceptualisation spatiale lorsque le raisonnement sémantique ne suffisait plus pour mener la tâche à son terme.

3. Discussions et interprétations des observations

Nous venons ici de présenter les observations que nous avons réalisées afin de comprendre l'implication des HVS dans la localisation d'information dans un environnement hypermédia. L'objectif était d'être attentive à tous les comportements de navigation et de tenter de comprendre ceux qui sont mobilisés dans l'environnement hypermédia au regard de ceux mis en place dans l'environnement physique. Notre hypothèse selon laquelle les HVS seraient

mobilisées lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement n'a pas pu être vérifiée par notre analyse quantitative. Mais les observations, notre analyse qualitative ainsi que l'interprétation que nous en avons fait, nous amènent à de nouvelles pistes de réflexion. Avant d'évoquer celles-ci, nous allons revenir sur les observations effectuées de manière synthétique et proposer une interprétation générale de celles-ci.

Nous l'avons souligné, la stratégie de navigation la plus observée est la stratégie sémantique. Tous les participants y ont recours. Nos observations nous laissent supposer que la mobilisation de cette stratégie est facilitée lorsque l'utilisateur a une représentation mentale précise du but de navigation. Il peut alors construire du sens entre la question posée et ses connaissances antérieures. C'est cette construction qui va guider ses choix de navigation. Nous avons aussi remarqué le recours à des stratégies de navigation de type spatiales. La navigation spatiale s'actualise via différentes stratégies. La stratégie de navigation systématique repose exclusivement sur la structure du site et son agencement. Elle s'ancre donc dans la spatialité du système. L'utilisateur ne mobilise pas ses ressources cognitives spatiales, mais s'appuie sur celles qui sont disponibles dans l'environnement. L'utilisation du bouton « back » associé à cette stratégie permet à l'utilisateur de « revenir en arrière » sans pour autant configurer mentalement où il se trouvait et où il compte aller. L'utilisation d'outils de navigation, comme le plan ou les onglets est une stratégie qui mobilise les ressources spatiales propres à l'interface également, l'utilisateur opte donc pour un processus cognitif se basant sur des ressources externes. Il s'agit de stratégies d'économie cognitive qui s'appuient sur une cognition distribuée (Hollan, Hutchins, & Kirsh, 2000) entre les ressources propres de l'interface et celles de l'utilisateur.

Ces stratégies sont mobilisées par les participants dans l'environnement hypermédia, comme dans l'environnement physique. Ainsi, nous avons observé que certaines stratégies ont la même finalité dans un environnement et dans l'autre, telle que le retour à la page d'accueil dans la structure hypermédia et choisir un itinéraire déjà emprunté dans le zoo. Que ce soit dans un environnement physique ou hypermédia, le sujet utilise les ressources propres à l'environnement (le plan, les panneaux indicateurs, le bouton back) pour réduire la rétention et la manipulation d'informations en mémoire.

Mais certains utilisateurs mobilisent leurs propres ressources cognitives spatiales. C'est le cas, par exemple, lorsqu'ils conceptualisent un « début » à l'environnement hyerpmédia, qu'ils ont une représentation mentale de la structure de l'interface, ou lorsqu'ils se construisent une représentation mentale de l'organisation de l'information au sein de la page.

Ainsi, le processus de localisation d'information dans cet environnement hypermédia repose sur la coordination de structures internes (la représentation de l'environnement) et de structures externes telles que l'architecture de l'interface, les dispositions propres à celle-ci (comme le bouton back) dont les outils de navigation qu'elle propose. Cette observation s'inscrit totalement dans le modèle de la cognition distribuée (Hutchins, 2001).

Deux grandes catégories de stratégies sont donc observées et s'inscrivent directement dans la définition de Dillon (2000) : des stratégies sémantiques et des stratégies spatiales.

La détermination de quelle stratégie un individu va mettre en place face à une situation particulière, ne peut se faire a priori. Confronté à ce genre de dispositif, l'individu dispose de plusieurs processus lui permettant de répondre à la tâche à laquelle il est confronté (Reuchlin, 1978). Ce qui peut paraître surprenant, c'est que tous les individus disposant d'HVS supérieures n'ont pas systématiquement choisi de mobiliser leurs propres ressources cognitives spatiales. Cette observation peut s'expliquer, comme nous l'avons déjà exposé, par une volonté d'économie cognitive. Mais elle peut également s'expliquer par la théorie des processus vicariants de Reuchlin (1978).

D'après l'auteur, face à une situation, l'individu dispose de plusieurs processus pouvant se substituer les uns aux autres et qui permettront d'accomplir une tâche. Le fait d'opter pour un processus ou un autre peut dépendre de l'expérience antérieure, par exemple, mais également d'un caractère probabiliste qui caractérise le modèle de Reuchlin (Lautrey, 2003; Reuchlin, 1978). Il souligne que face à une situation, tous les sujets ne disposent pas du même répertoire de processus et que chaque individu a son propre classement de ceux-ci, influant sur la probabilité que l'un d'eux soit évoqué face à une situation (Reuchlin, 2001). Tous ces processus dont dispose l'individu ne sont pas tous également efficaces, ils n'ont pas tous la même chance de mener à un succès face à une situation. Le sujet peut passer d'un processus à un autre comme Miyake et al. (2000) le définissent, grâce à la fonction exécutive de *shifting*, qui permet de passer d'une stratégie à une autre (p.38). Ainsi, par exemple, face à une tâche dont l'utilisateur n'a pas une représentation précise du but, en d'autres mots, lorsque le sujet ne sait pas ce qu'il cherche, une multitude de stratégies sont observées auprès des participants. Certains commenceront par mobiliser leurs connaissances antérieures pour tenter de construire du sens entre la question et les ressources disponibles (en se demandant quel animal est omnivore). Ils mobiliseront donc une stratégie sémantique. Si ce n'est pas efficace, ils tenteront de cliquer sur les items inconnus pour enfin se rabattre sur une navigation systématique.

D’autres utilisateurs, commenceront par consulter un outil de navigation, puis ils tenteront une navigation sémantique, décideront de retourner au début, pour enfin décider de mettre en place une navigation systématique. Il y a presque autant de combinaisons que de participants, comme le montre le tableau ci-dessous.

Stratégies mises en place chronologiquement dans le cadre de la tâche 3	
Participants	**Stratégies**
Ad.	Navigation sémantique/ clic sur items inconnu/Autre[12]
S.	Navigation sémantique/ clic sur items inconnus/ navigation systématique
Je	Consultation d’outil de navigation/ navigation sémantique
M.	Autre/ navigation sémantique/ retour au début/ navigation systématique
O.	Navigation sémantique/ navigation systématique
Ma.	Clic sur item inconnus/ autre/ navigation sémantique
P.	Autre/ navigation sémantique/navigation systématique
La.	Consultation d’outil de navigation/ navigation sémantique/ navigation systématique
J.	Consultation d’outil de navigation/navigation sémantique
T.	Autre/ consultation d’outil/navigation sémantique/navigation systématique
C.	Navigation sémantique
V.	Retour au début/clic sur les items inconnus/ navigation sémantique/ navigation systématique
E.	Consultation d’outil de navigation/ navigation sémantique
Li.	Navigation sémantique/ Consultation d’outil de navigation/ retour au début/ navigation systématique
An.	Retour au début/ navigation sémantique
N.	Navigation sémantique/ clic sur items inconnus/ navigation systématique
Max.	Consultation d’outils/navigation sémantique/ clic sur items inconnus/ navigation systématique
A.	Navigation sémantique
L.	Navigation sémantique
St.	Navigation sémantique
B.	Navigation sémantique
Co.	Consultation d’outils/navigation sémantique/retour au début/ navigation systématique
Em.	Navigation sémantique/clic sur items inconnus/ navigation systématique
D.	Autre/ consultation d’outils de navigation/ navigation sémantique

Reuchlin (1978) ajoute qu’un processus qui n’est pas le plus efficace mais qui a tout de même conduit à une réussite dans le passé, aura plus de chance d’être choisi lors d’une situation semblable à venir, en dépit de son efficacité moindre. C’est le cas, par exemple, pour J. qui consultera le plan pour résoudre la tâche 3 et qui le consultera encore pour la tâche 5 et qui dira que c’était un réflexe (p. 118). Il ne s’agit pas de la stratégie la plus efficace, mais l’individu l’ayant mobilisée une fois, la mobilise plus volontiers par la suite.

[12] Nous mentionnons « Autre » lorsqu’il s’agit d’une stratégie particulière qui n’a été mise en place que par cet individu.

Reuchlin complète en soulignant que les individus les plus efficaces face à une situation, sont ceux pour laquelle le processus le plus facilement « évoquable » est justement celui le plus efficace.

Pour synthétiser et schématiser nos interprétations, nous pouvons dire que face à la situation devant laquelle nos sujets se sont retrouvés, qui est caractérisée par le système (sa structure et son contenu sémantique) et le type de tâche, les participants disposaient de deux processus :l'un spatial, l'autre sémantique.

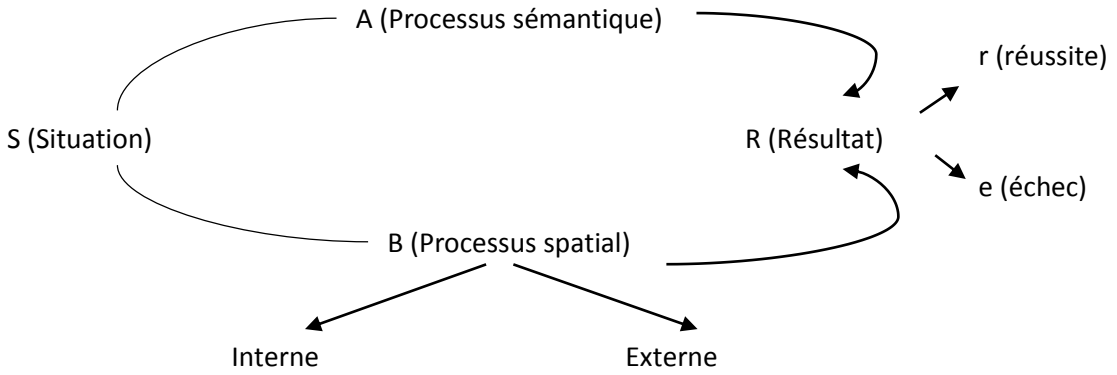


Figure 35: Adaptation du schéma de Reuchlin (1978, p. 136)

Ce qui les a conduits à mobiliser l'un ou l'autre relève de la familiarité qu'ils avaient avec la situation et l'un des processus disponibles, mais aussi d'une dimension probabiliste. La familiarité qu'entretenaient les participants avec le domaine présenté (les animaux) les a conduits à sélectionner le processus sémantique dans la majorité des situations.

Nous avons remarqué que les participants qui ne trouvent pas l'information cible ou qui ont une représentation floue de la tâche et qui décident alors de retourner à la page d'accueil sont généralement des HVS+ (p.120). Dans le même contexte de navigation, les participants qui décident de mettre en place une navigation systématique en utilisant le bouton « back » sont des HVS- (p.119). Ce choix de stratégie pourrait illustrer la différence qui caractériserait HVS+ et HVS- dans leur classement d'évocabilité de processus face à une situation donnée. Les HVS+, évoqueraient un processus spatial basé sur leurs propres ressources cognitives, ils mobiliseraient leur représentation mentale de la structure pour commencer au début et ainsi ne pas prendre le risque de passer à côté d'une information. Les HVS- évoqueraient plutôt un processus spatial basé sur les ressources de l'interface (le bouton « back »). Il s'agit là de deux classements d'évocabilité de processus différents ; l'un basé sur des ressources internes, l'autre sur des ressources externes.

De fait, d'après nos résultats, les HVS- ne parviennent pas à compenser leur faiblesse en étudiant le plan de l'environnement, c'est-à-dire, en internalisant une représentation externe. Malgré cette étude, la représentation mentale construite à partir de celle-ci ne parvient pas à les aider dans leurs tâches. Par contre, nous avons observé que ces derniers mobilisaient volontiers les ressources externes lorsque celles-ci sont disponibles. Dans la recherche expérimentale de Stanney et Salvendy (1995) que nous avons détaillée dans la revue de la littérature (p. 68), les auteurs ont souligné que les HVS- tiraient profit d'un « médiateur visuel », une disposition de l'interface ayant pour vocation d'y faciliter la navigation. En effet, ces derniers étaient moins performants dans des interfaces sans médiateur. Ce résultat supporte la tendance observée selon laquelle, les HVS- mobiliseraient des ressources externes, propres à l'interface, pour mener à bien une tâche de navigation particulière. Malheureusement, la taille de notre échantillon ne nous permet pas de généraliser ces observations, il s'agit, tout au plus, d'une tendance. Elle reste néanmoins intéressante et pourrait nourrir de nouvelles réflexions.

4. Conclusion

Nous n'avons pas pu valider statistiquement l'implication des HVS dans la construction de la représentation mentale de l'environnement, ni même dans la localisation d'information dans un environnement hypermédia. Néanmoins, nous avons fait des analyses intéressantes qui stimulent de nouvelles réflexions.

Nous retenons deux observations majeures que nous allons tenter de vérifier dans une nouvelle expérimentation. La première concerne le fait que les individus mobiliseraient une stratégie spatiale lorsque la stratégie sémantique n'est pas efficace. Plus précisément, l'utilisateur qui a une représentation mentale de la tâche précise, ne mobilisera pas de stratégie spatiale puisque la stratégie sémantique sera suffisante. Au contraire, l'utilisateur qui a une représentation mentale de la tâche floue en raison de ses faibles connaissances antérieures sur le sujet présenté, aura tendance à mobiliser une stratégie spatiale. En d'autres mots, la stratégie spatiale viendrait suppléer les limites de l'expertise de l'utilisateur sur le domaine présenté.

La seconde provient des observations effectuées dans le parc animalier ; la majorité des participants ont préféré opter pour un itinéraire connu. Cette stratégie est une stratégie d'économie cognitive. Elle permet à l'individu de ne pas configurer de nouvel itinéraire. De plus, elle assure (si le raisonnement du sujet est correct) un succès à la tâche, même si ce n'est pas la stratégie la plus efficace. Si les individus conceptualisent leur interaction dans un environnement hypermédia dans les termes d'une navigation physique (Collard, 2009; Maglio

& Matlock, 2003), nous pouvons supposer qu'un raisonnement aussi populaire dans un environnement pourrait également l'être dans l'autre. Nous émettons l'hypothèse que dans une structure hypertextuelle permettant un choix entre plusieurs itinéraires pour atteindre une cible, les individus préféreraient emprunter celui qu'ils ont déjà emprunté plutôt que de configurer un nouveau parcours.

Nous allons dans, la prochaine partie tenter de vérifier ces nouvelles hypothèses grâce à un nouveau dispositif d'expérimentation.

PARTIE IV

QUATRIEME PARTIE :
DEUXIEME EXPERIMENTATION

Nous l'avons vu dans le traitement statistique des résultats de la première expérimentation, nous n'avons pu valider l'hypothèse selon laquelle les HVS seraient mobilisées lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement.

L'analyse qualitative des comportements de navigation nous a poussée vers de nouvelles hypothèses. Nous allons dans cette partie présenter celles-ci, le dispositif que nous avons mis en place pour tenter de les vérifier, les données que nous avons recueillies, leur traitement et enfin l'interprétation de nos résultats.

Chapitre 1 : Nouvelles hypothèses

Si les analyses statistiques de la première expérimentation n'ont pas pu vérifier nos premières hypothèses, l'analyse qualitative a révélé des observations intéressantes. Nous avons pu relever que le contexte de la tâche de localisation d'information avait une importance dans le type de stratégies évoquées pour résoudre celle-ci. L'analyse des comportements observés dans le zoo, nous a également permis de formuler une nouvelle hypothèse. Nous allons ici en faire état puis revenir brièvement sur un pan de la littérature que nous avons évoqué précédemment mais qui sera davantage exploité lors de cette seconde expérimentation : le rôle des connaissances antérieures.

1. Hypothèse issue de l'analyse des stratégies de navigation dans l'environnement hypermédia

Nous avons constaté que, pour la majorité des tâches de localisation d'information, les participants ne mobilisaient pas leurs ressources cognitives spatiales. En effet, leurs connaissances antérieures sur le contenu sémantique présenté (les animaux) leur permettaient d'élaborer une stratégie de navigation basée sur une construction sémantique entre la question posée et les informations disponibles dans l'interface. A la question « *Combien pèse le panda géant ?* », les connaissances des participants leur permettaient de savoir que le panda vit en Asie, et donc, ces derniers choisissaient spontanément l'onglet du continent asiatique. A partir

de cette page, ils pouvaient accéder à la page du panda qui les renseignerait sur le poids de l'animal.

Nous avons noté que cette stratégie n'était pas efficace lorsque les connaissances antérieures de l'utilisateur ne lui permettaient pas de construire du sens entre la question posée et les ressources informationnelles disponibles. Le rôle des connaissances antérieures dans la qualité de la recherche d'information dans un environnement hypermédia a déjà été souligné par Downing et al. (2005), nous allons y revenir. Ici, nous spécifions le rôle de cette expertise en l'attribuant à la qualité de la représentation mentale que l'utilisateur peut se construire de la tâche de recherche d'information. Les connaissances antérieures de l'utilisateur sur le contenu sémantique présenté vont définir un contexte de navigation, duquel va dépendre la mobilisation de ressources spatiales. Nous pensons que c'est lorsque l'utilisateur ne sait pas ce qu'il cherche, c'est-à-dire lorsqu'il a une représentation floue de la tâche de recherche d'information (Tricot, 1993) qu'il va mobiliser des ressources spatiales.

Celles-ci peuvent être externes, propres aux dispositions de la structure de l'interface (un plan, par exemple), ou internes, c'est-à-dire relevant des ressources cognitives de l'individu, dans ce cas, ses habiletés visuo-spatiales.

Nous formulons donc l'hypothèse selon laquelle **les utilisateurs mobiliseraient des ressources spatiales (internes ou externes) lorsque l'expertise du domaine présenté ne leur permet pas d'avoir une représentation précise de la tâche de localisation d'information**. En d'autres mots, la mobilisation de stratégies spatiales s'effectuerait lorsque l'utilisateur ne sait pas ce qu'il cherche.

2. Hypothèse issue de l'analyse des stratégies de navigation dans l'environnement physique

Nous avons observé qu'une des stratégies de navigation les plus populaires est celle qui consiste à opter pour un chemin qu'on a déjà emprunté. La structure de l'interface hypertextuelle de la première expérimentation ne permettait pas à l'utilisateur de choisir entre la configuration d'un nouvel itinéraire et un parcours déjà connu. Nous faisons l'hypothèse que dans une interface dont la structure le permettrait, de la même façon que dans un environnement physique, l'utilisateur préférera opter pour le parcours déjà emprunté. Plus précisément, nous posons l'hypothèse que**, face à une tâche de localisation d'information pour laquelle l'utilisateur n'a pas une représentation mentale précise, ce dernier, s'il a le choix, optera pour un parcours déjà emprunté.** Ces hypothèses impliquent une nouvelle variable qui a déjà été

abordée (p.19) ; les connaissances antérieures. Nous allons revenir brièvement sur quelques recherches qui l'ont étudiée.

3. Le rôle des connaissances antérieures dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia

L'expertise du domaine est une variable qui a largement été étudiée dans le cadre de la RI. Ainsi, comme nous l'avons déjà dit, Downing et al. (2005) se sont intéressés au rôle des HVS et du domaine d'expertise. Les détails concernant les HVS ont été largement exposés dans la revue de la littérature (p. 66). Nous allons revenir sur le rôle des connaissances antérieures. Les auteurs ont recruté des étudiants en biologie et en économie. Chaque étudiant a dû remplir cinq tâches de RI qui consistaient à trouver le plus d'articles pertinents concernant une thématique neutre (c'est-à-dire, ni sur la biologie, ni sur l'économie), au sujet de deux thématiques relatives à la biologie et sur deux thématiques concernant l'économie. Les auteurs ont pu démontrer un effet de l'expertise du domaine sur la RI puisque les étudiants en biologie étaient plus rapides que les étudiants en économie pour les questions relatives à la biologie et inversement concernant les tâches sur le domaine économique. Concernant les HVS, comme mentionné dans la revue de la littérature, un effet a été observé sur le temps pour trouver le premier article, mais pas sur l'ensemble de la tâche.

Mcdonald et Stevenson également ont réalisé plusieurs recherches portant sur le rôle de l'expertise du domaine. Dans la première (McDonald & Stevenson, 1998a), les auteurs se sont intéressés à l'interaction entre le type de structure proposé (hiérarchique, en réseau ou mixte) et les connaissances antérieures sur le sujet présenté. Ils ont dégagé que, dans la structure mixte (c'est-à-dire une structure hiérarchique avec quelques liens transversaux), les individus disposant de connaissances antérieures sur le domaine étaient plus performants que ceux qui n'en avaient pas. Ainsi, ils soulignent le rôle des connaissances antérieures dans la RI dans un type de structure particulier.

Dans leur second article (McDonald & Stevenson, 1998b), ils ont mis en exergue le rôle de types d'aide à la navigation (spatial, une carte ou sémantique, un index) et les connaissances antérieures des participants sur le contenu informationnel présenté. Ils ont démontré que les experts du domaine étaient plus performants dans les tâches de RI dans l'interface avec un index, mais pas dans celle avec une carte. Nous pouvons en déduire que dans ce contexte d'expérimentation, les novices ont pu tirer profit de la ressource spatiale externe présente dans

l'interface pour pallier à leur déficit de connaissances au sujet du domaine informationnel présenté, puisque la différence entre la performance des novices et des experts s'estompe.

Notre objectif ici, n'est pas de démontrer le rôle de l'expertise du domaine dans la recherche d'information comme les recherches ci-dessus l'ont fait. La variable des connaissances antérieures va être utilisée pour définir un contexte d'interaction de l'utilisateur avec l'interface, celui où son expertise lui permet d'avoir une représentation précise de la tâche de recherche d'information, et celui où ce n'est pas le cas. Dans ce dernier, ne pouvant recourir à ses connaissances antérieures pour guider sa navigation, il est attendu que l'individu mobilise des ressources spatiales.

Chapitre 2 : Le dispositif d'observation

Pour pouvoir vérifier nos nouvelles hypothèses, nous avons mis au point un dispositif d'observation. Nous allons dans ce chapitre présenter le dispositif, c'est-à-dire l'environnement que nous avons créé. Nous exposerons ensuite les caractéristiques des participants et enfin les tâches qui leur ont été soumises.

1. Le système

Nous avons voulu créer un environnement hypermédia qui permettait de vérifier nos deux hypothèses. Il s'agit donc d'un dispositif purement expérimental. Son objectif était d'observer si lorsque l'individu n'a pas une représentation précise du but de la tâche de recherche d'information, et face à deux choix de parcours possibles, l'utilisateur opterait, comme dans un environnement physique, pour un parcours déjà emprunté.

Afin de pouvoir clairement identifier les utilisateurs qui ont une représentation mentale précise de la tâche (en d'autres mots, ceux qui savent ce qu'ils cherchent) de ceux pour lesquels ce n'est pas le cas, nous avons choisi un contenu sémantique spécifique, dont les termes ne sont pas communément partagés contrairement aux animaux. Le contenu informationnel que nous avons sélectionné est celui du vin.

Nous avons donc construit un environnement hypertextuel, organisé en réseau de 39 pages (voir p143.).

Le site (dont le plan de l'architecture est représenté dans la Figure 39), créé à partir de Google Sites (https://sites.google.com/site/lescepagesetlesvins/) portait sur les vins et leurs cépages (le contenu sémantique venait de www.wikipedia.com). Nous voulions observer si les individus

n'ayant aucune connaissance antérieure sur le domaine des vins, opteraient plus volontiers pour une stratégie spatiale, s'actualisant par le choix pour un parcours déjà emprunté (qui s'avérait dans la plupart des cas, une stratégie moins efficace). Au contraire, nous supposions que les experts n'opteraient pas pour cette stratégie, leurs connaissances antérieures leur permettant de naviguer sans avoir recours à des stratégies spatiales. Les participants commençaient la navigation à partir de la page « Les cépages » qui occupait le sommet de la hiérarchie du site (Figure 36). A partir de là, deux choix étaient possibles : les cépages blancs ou les cépages noirs. La subtilité de l'architecture consistait dans le fait que les vins qui se déclinent en blanc et en rouge, repris dans le site, étaient accessibles via les vins blancs (Figure 37). De fait, à partir des cépages blancs, l'utilisateur pouvait accéder à une page générale qui décrivait le vin, celle-ci permettait de rejoindre la page spécifique au vin blanc (Figure 38) et cette dernière donnait accès au vin rouge. Ce n'était pas le cas via les cépages noirs qui étaient directement reliés au vin rouge et à partir duquel il n'était pas possible de consulter la page du vin blanc. Notons que la page d'accueil, « Les cépages » était accessible depuis toutes les pages.

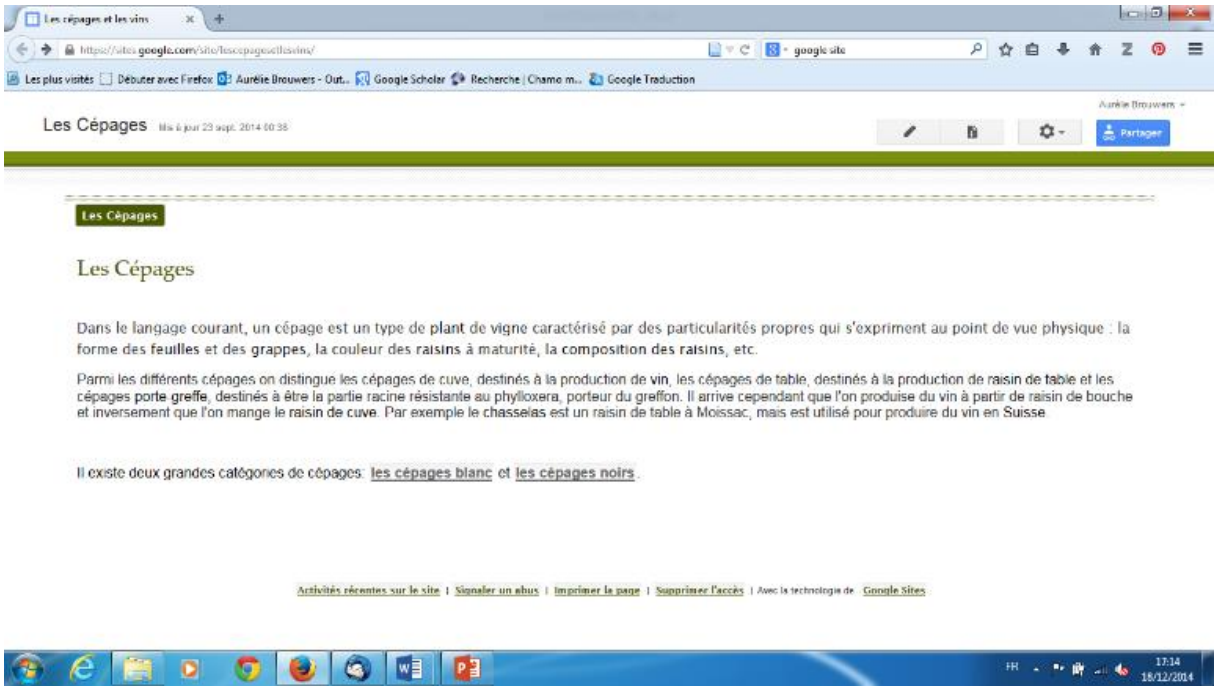


Figure 36:Page d'accueil du site

Figure 37:Page des cépages blancs

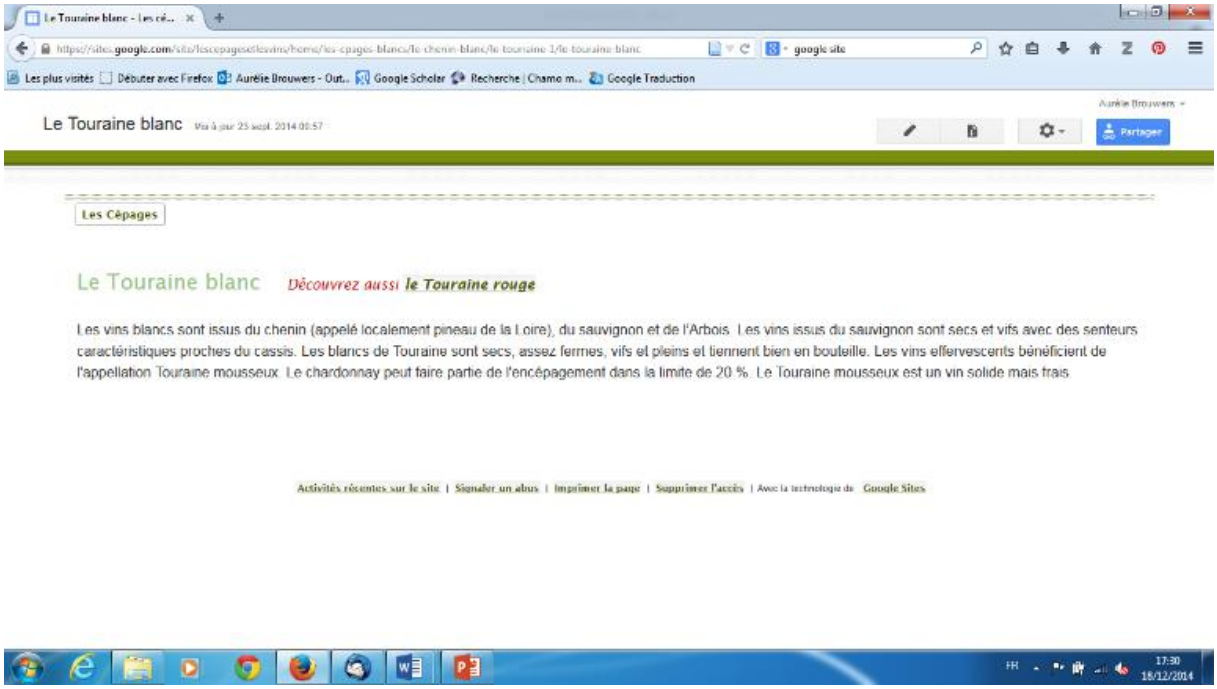


Figure 38: Exemple de page d'un vin blanc donnant accès au vin rouge

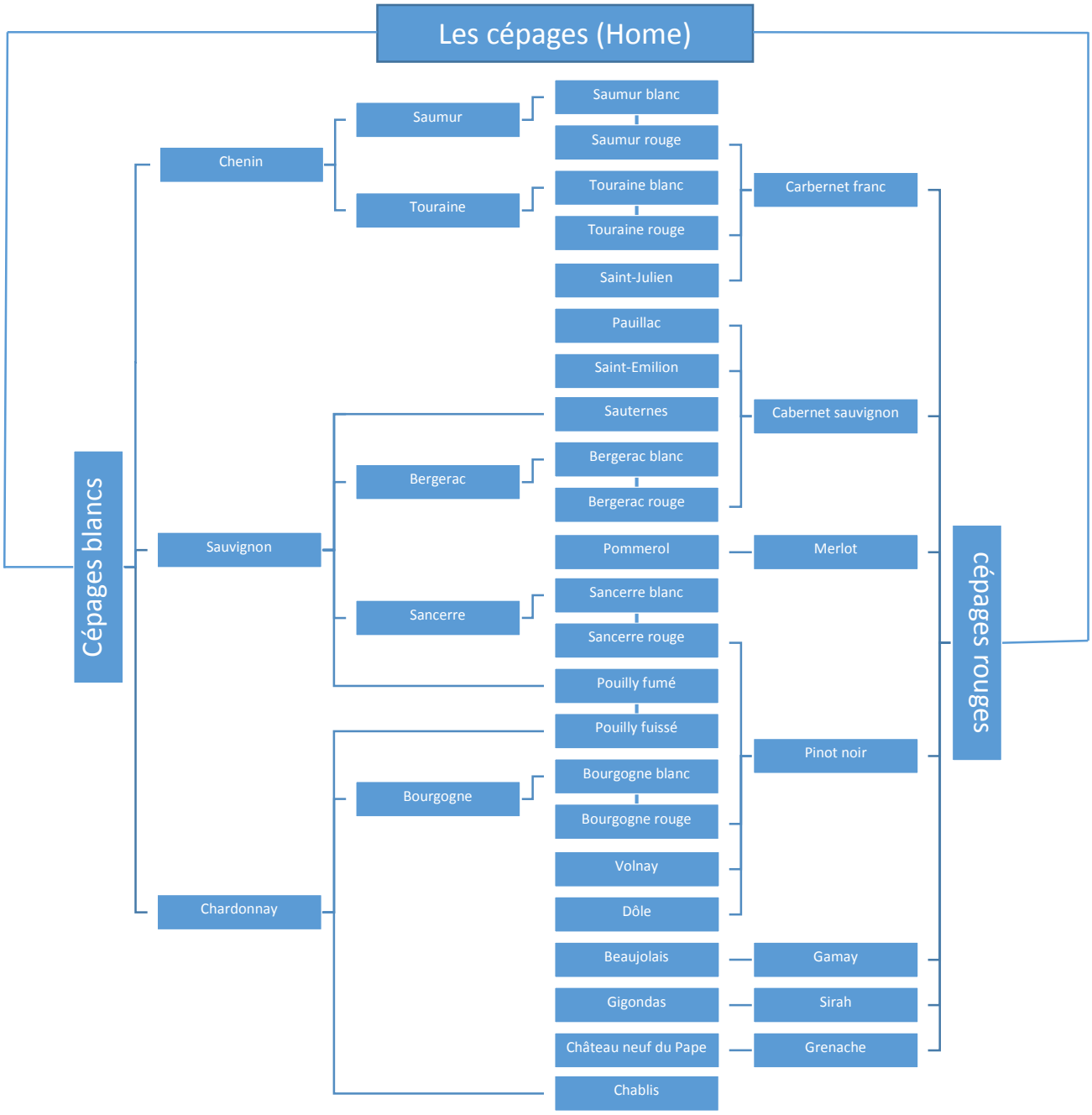


Figure 39: Architecture du système hypermédia

2. Les sujets

L'intention de cette expérimentation était de vérifier si, dans un contexte de navigation où l'utilisateur ne sait pas ce qu'il cherche (c'est-à-dire lorsqu'il a une représentation floue de la tâche de recherche d'information), il a recours à des stratégies spatiales et si par conséquent, lorsqu'il sait ce qu'il cherche, une stratégie sémantique lui est suffisante. L'objectif est donc de comparer les stratégies de navigation d'experts du domaine, qui pourront avoir une représentation précise de la tâche, avec les comportements de navigation de novices, pour qui la représentation de la tâche sera plus nébuleuse.

Nous avons donc recruté 15 étudiants de master 1 et 2 en sciences de l'information et de la communication, 12 filles et 3 garçons âgés entre 21 et 30 ans, déclarant n'avoir aucun intérêt pour le vin. Ce groupe constitue celui des novices.

Pour les experts, nous avons recruté 15 professionnels du vin, tous des hommes : 13 commerciaux (représentants en vin ou revendeurs) et 2 sommeliers, âgés de 21 à 65 ans.

Par convention, nous nommerons les participants avec les premières lettres de leur prénom ou de leur commerce.

3. Les tâches

Les participants ont été soumis à huit tâches de localisation d'information qui consistaient à localiser la page d'un vin, ce qui nécessitait de choisir le bon cépage. Comme pour la première expérimentation, aucune inférence n'était nécessaire pour répondre à la question. Les participants retrouvaient exactement les termes de la question dans l'interface et pouvaient être certains qu'il s'agissait de la réponse à la question. Une fois la réponse à la première question localisée, la seconde leur était posée, et ainsi de suite.

1. A quelle date est commercialisé, chaque année, le Beaujolais primeur ?
2. Quels sont les trois cépages principaux d'un Bergerac blanc ?
3. Sur quelles communes le Pouilly fumé peut-il être produit ?
4. Combien de temps peut-on conserver la qualité d'un Bergerac rouge ?
5. De quel vignoble provient le Pouilly fuissé ?
6. A combien de degré doit-on déguster un Saumur blanc ?
7. Comment le Bourgogne rouge obtient-il sa couleur ?
8. Quels arômes faisant référence à des parfums de fleurs retrouve-t-on dans le Saumur rouge ?

Ces questions ont été élaborées pour que les novices aient une représentation floue de la tâche (qu'ils ne sachent pas exactement ce qu'ils cherchent) et afin d'observer si ces derniers opteraient pour une navigation spatiale. Pour les experts, par contre, il était attendu que ces questions paraissent élémentaires et qu'ils aient facilement une représentation précise de la tâche (qu'ils sachent, pour chaque question, exactement ce qu'ils cherchent).

Pour répondre aux tâches 4 et 8, la navigation la plus efficace consistait à opter pour un parcours via les cépages noirs. Néanmoins, les participants pouvaient y accéder par les cépages blancs, qui se trouvaient, par ailleurs être un parcours déjà emprunté pour les tâches 2 et 6 (la séquence

sera détaillée plus loin). Pour la tâche 5, il était possible d'accéder à la page du Pouilly fuissé via la page du Pouilly fumé (déjà visitée précédemment), mais encore une fois, il ne s'agissait pas du parcours le plus efficace (la séquence sera détaillée ci-dessous). Enfin, en ce qui concerne la tâche 3, le parcours le plus efficace consistait à utiliser le bouton « back », c'est-à-dire, à revenir sur ses pas plutôt que de retourner à la page des cépages (le détail du parcours sera exposé ci-après).

Ainsi, dans le cas des tâches 3,4,5 et 8, les utilisateurs avaient la possibilité d'emprunter un parcours déjà emprunté. Notre hypothèse suppose que les novices vont opter pour cette stratégie. Pour les experts, par contre, il est attendu que ces questions soient élémentaires pour eux et qu'ils aient facilement une représentation précise de la tâche (qu'ils sachent pour chaque question, exactement ce qu'ils cherchent), ce qui impliquerait une stratégie d'extraction (Tricot, 1993), c'est-à-dire, une stratégie de navigation sémantique.

4. Le test cognitif utilisé

Nous avons, ici aussi, évalué les HVS des participants mais nous avons opté pour le test du Corsi (p.43) qui évalue la capacité de mémorisation spatiale. De fait, l'objectif étant d'observer si un utilisateur a tendance à reproduire un parcours déjà emprunté et donc mémorisé, l'évaluation de la mémorisation spatiale semblait pertinente dans ce contexte.

5. Recueil et traitement des données

La navigation a été enregistrée via le logiciel Morae. Celui-ci a permis d'enregistrer les activités du sujet à l'écran, de comptabiliser le nombre de clic, le temps nécessaire à la réalisation de chaque tâche, les pages visitées ainsi que les commentaires du participants via le micro et la webcam.

Ces vidéos ont ensuite été codées grâce au logiciel Nvivo. Cet encodage nous a, notamment permis de représenter graphiquement les parcours[13] des utilisateurs et d'analyser les comportements de navigation des tâches 3, 4, 5 et 8 (pour les raisons exposées ci-dessus).

Nous avons calculé l'indice d'efficacité (p.98) des participants pour chaque tâche, puis avons généré un indice moyen se basant sur les huit indices obtenus aux huit tâches.

[13] Voir annexe 5

Chapitre 3 : Analyse des résultats

Comme nous l'avons exprimé plus haut, la structure et le type de tâche ont été spécialement construits pour vérifier nos hypothèses. Nous allons donc passer en revue les quatre tâches saillantes (3, 4, 5, 8) pour lesquelles nous pouvons nous attendre à ce que les novices, n'ayant pas une représentation mentale précise de la tâche de recherche d'information, mobilisent leur représentation mentale de l'environnement afin d'emprunter un parcours déjà connu. Nous présenterons ensuite des observations plus générales avant de conclure.

Préalablement à l'analyse des tâches, nous voudrions spécifier que, comme attendu, les novices se sont retrouvés dans une situation où ils ne savaient pas ce qu'ils cherchaient, c'est-à-dire qu'ils avaient une représentation floue de la tâche de localisation d'information. Nous avons recueilli des commentaires du type : « *Le Beaujolais nouveau, c'est rouge ou blanc ?* », « *Le Pouillys, c'est un vin ou un cépage ?* ». Chez les experts, par contre, ils donnaient fréquemment la réponse à la question sans même rechercher dans le site, nous obligeant à rappeler la consigne selon laquelle ils devaient trouver cette information dans le système. Ces derniers avaient donc une représentation très claire de la tâche de recherche d'information.

1. Tâche 3

La tâche 3 demandait à l'utilisateur de localiser la page du Pouilly fumé. Celle-ci, dans la structure, prenait place dans les cépages blancs, Sauvignon. La tâche 2 localisait l'utilisateur au Bergerac blanc, lui-même sous l'embranchement du Sauvignon. Les utilisateurs qui cliquaient sur « back », c'est-à-dire qui choisissaient de revenir sur leurs pas (en vert dans la Figure 40) choisissaient l'option la plus efficace, c'est-à-dire la plus courte (Bergerac blanc < Bergerac < Sauvignon < Pouilly fumé). Les utilisateurs choisissant une stratégie sémantique (en orange dans la Figure 40) devaient visiter 4 nœuds et donc optaient pour une stratégie moins efficace (Bergerac blanc < Les cépages < Les cépages blancs < Sauvignon < Pouilly fumé). Il faut souligner que dans ce cas précis, la navigation sémantique, même avec l'expertise requise, n'était pas la stratégie la plus efficace. C'est la stratégie spatiale « retourner sur ses pas » qui l'était.

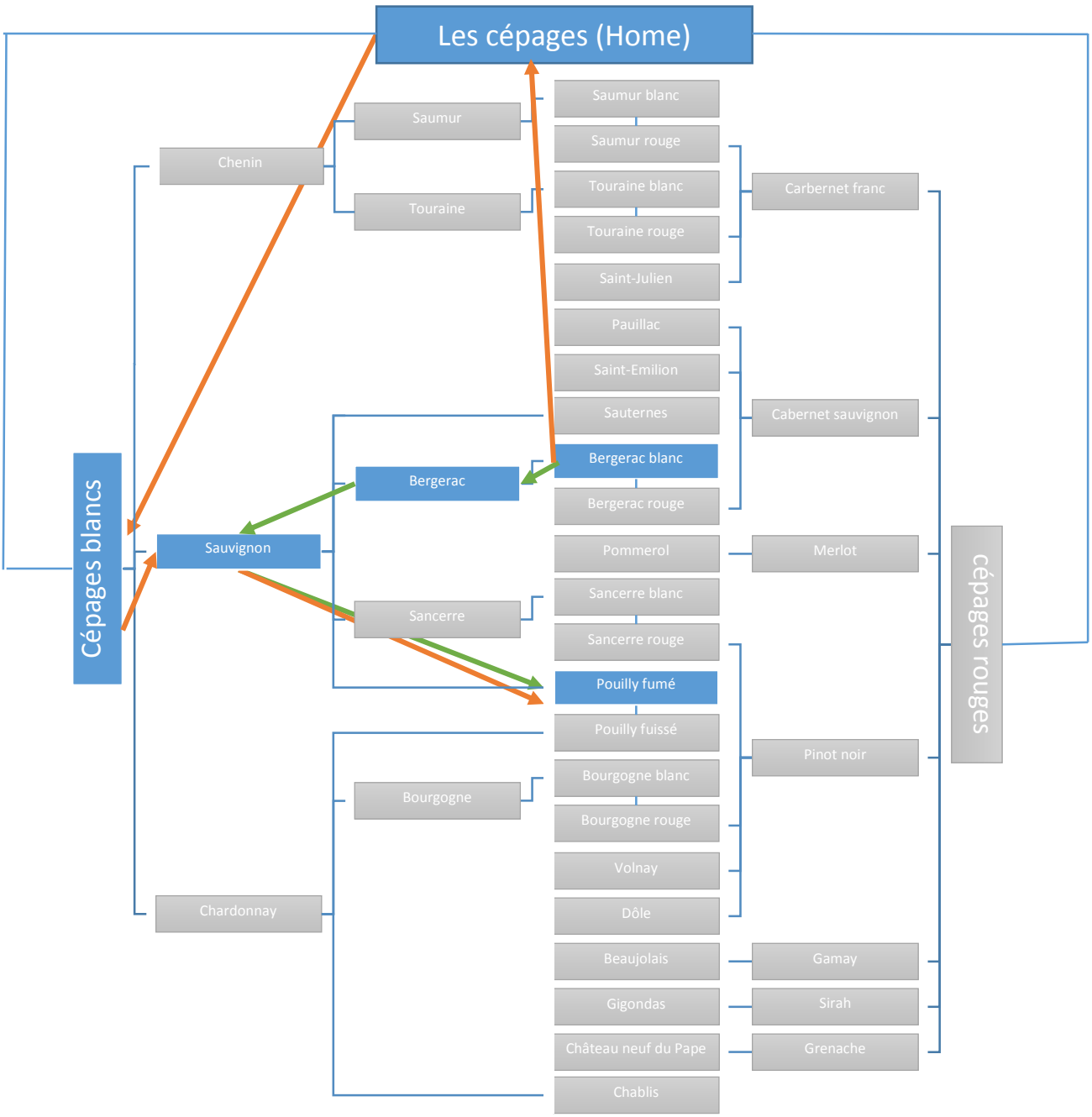


Figure 40:Possibilités de parcours tâche 3

Nous avons observé que 11 participants avaient opté pour la stratégie « back » dont 7 novices et 4 experts. Les autres experts (11) ont mis en place une stratégie sémantique, repassant par la page d'accueil. Et les autres novices (8) ont mis en place une stratégie de navigation systématique.

2. Tâche 4

La tâche 4 demandait aux participants de localiser la page du Bergerac rouge. Cette page était accessible via les cépages noirs, sous le cépage Cabernet Sauvignon (Pouilly fumé < Les

Cépages < Les cépages noirs < Cabernet sauvignon < Bergerac rouge), en orange (Figure 41). Il était également possible d'y arriver via la page du Bergerac blanc, visitée auparavant lors de la tâche 2 (Pouilly fumé < Les cépages < Les cépages blancs < Sauvignon < Bergerac < Bergerac blanc < Bergerac rouge), en vert (Figure 41). La dernière option était plus longue.

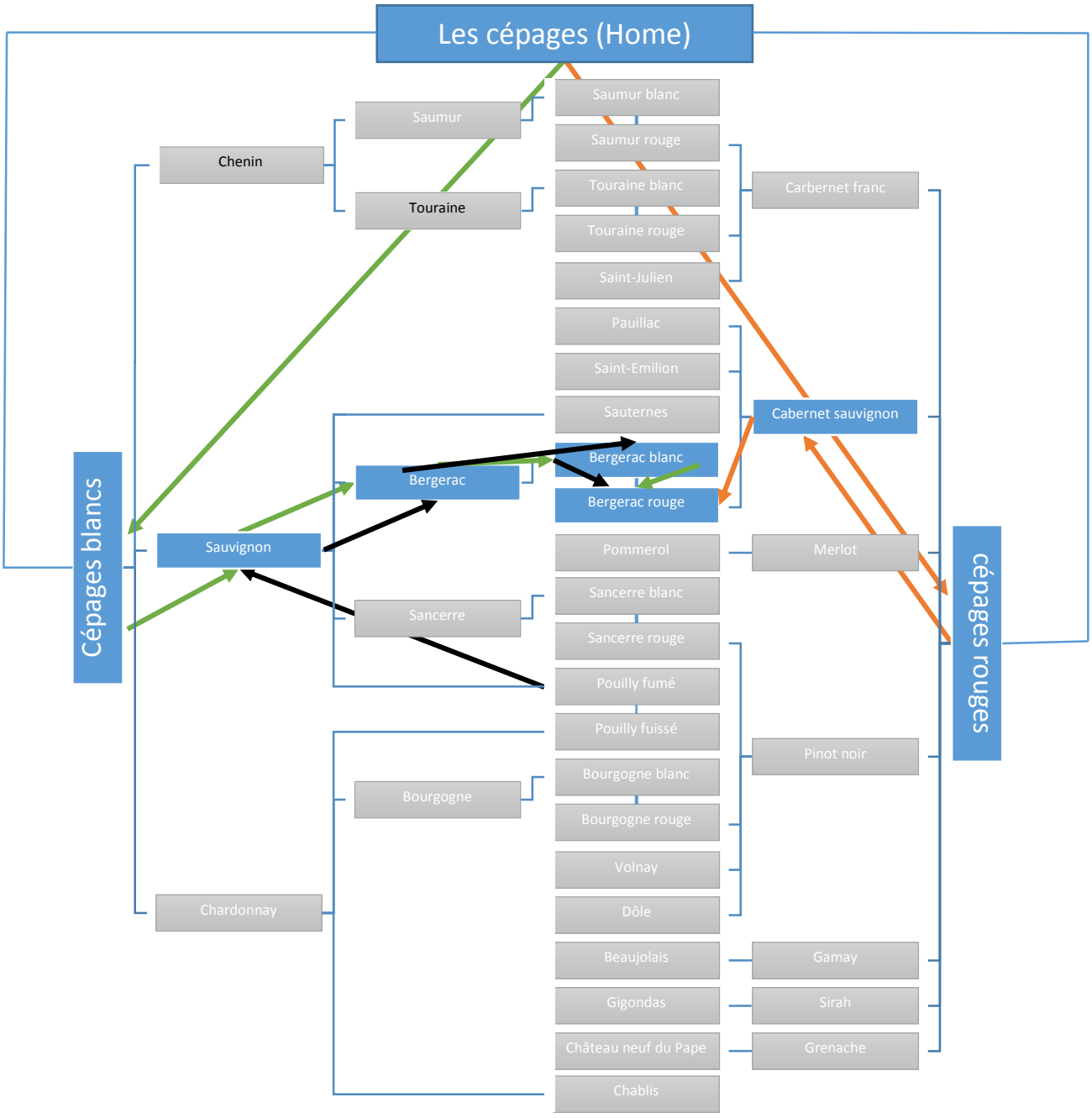


Figure 41:Possibilités de parcours tâche 4

Nous avons observé que 8 novices sur 15 ont opté pour un parcours déjà emprunté (en repassant par la page du Bourgogne blanc) tout comme 3 experts sur 15.

Deux experts ont allié la stratégie spatiale et la stratégie sémantique : à partir de la page du Pouilly fumé, ils utilisent le bouton « back » pour revenir sur la page du sauvignon et rejoindre la page du Bergerac rouge via le Bergerac blanc (en noir dans la Figure 41). Ils mobilisaient donc leur représentation mentale de l'environnement, ils avaient conscience de leur position au sein de la structure et de celles des autres pages. Leur expertise leur communiquait que le Bergerac blanc est un sauvignon et leur représentation mentale, qu'ils pouvaient accéder au Bergerac rouge via le Bergerac blanc. Les autres experts (10) ont eu recours à une stratégie sémantique.

Les autres novices (7) ont opté pour une navigation systématique, parfois après avoir tenté, en vain, de retrouver le parcours déjà emprunté.

3. Tâche 5

La tâche 5 demandait aux participants de localiser le Pouilly fuissé. Cette page était accessible via la page du Pouilly fumé (Bergerac rouge < Les cépages < Les cépages blancs < Le Sauvignon < Le Pouilly fumé < Le Pouilly fuissé), en vert (Figure 42), mais le parcours était alors plus long que d'aller directement via les cépages blancs, puis de choisir le lien vers le Chardonnay (Bergerac rouge < Les cépages < Les cépages blancs < Le Chardonnay < Le Pouilly fuissé), en orange (Figure 42). Mais pour cette dernière possibilité, une expertise du domaine était nécessaire.

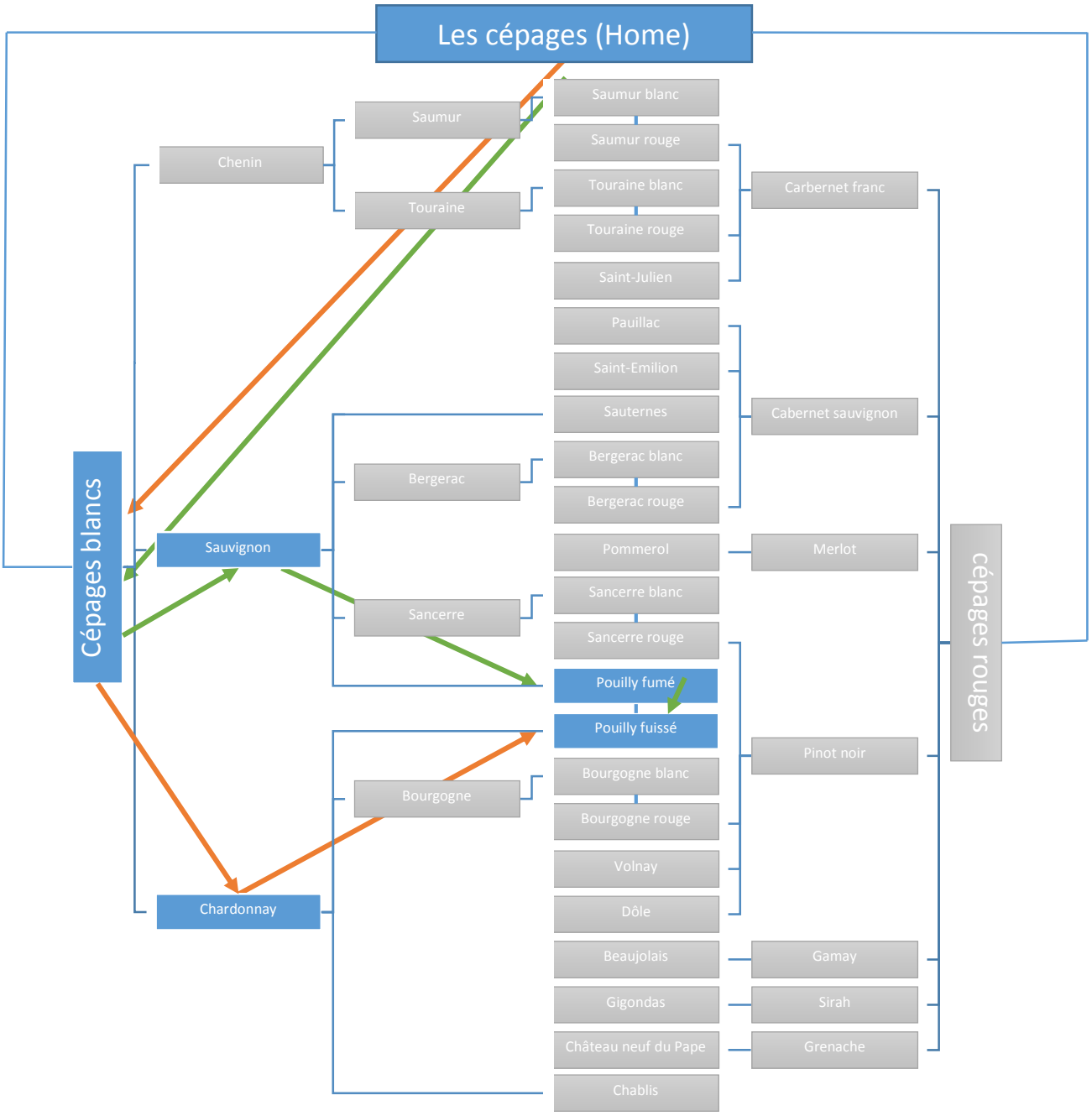


Figure 42:Possibilité de parcours tâche 5

4. Tâche 8

La tâche 8 consistait à localiser la page du Saumur rouge, accessible, soit depuis la page du Saumur blanc, déjà visitée auparavant (Bourgogne rouge < Les cépages < Les Cépages blancs < Le chenin blanc < Saumur < Saumur blanc < Saumur rouge), en vert (Figure 43), ou via les cépages noirs et le Cabernet franc, ce qui suppose une expertise du domaine présenté (Bourgogne rouge < Les cépages < Les cépages noirs < Le Cabernet franc < Saumur rouge), en orange (Figure 43).

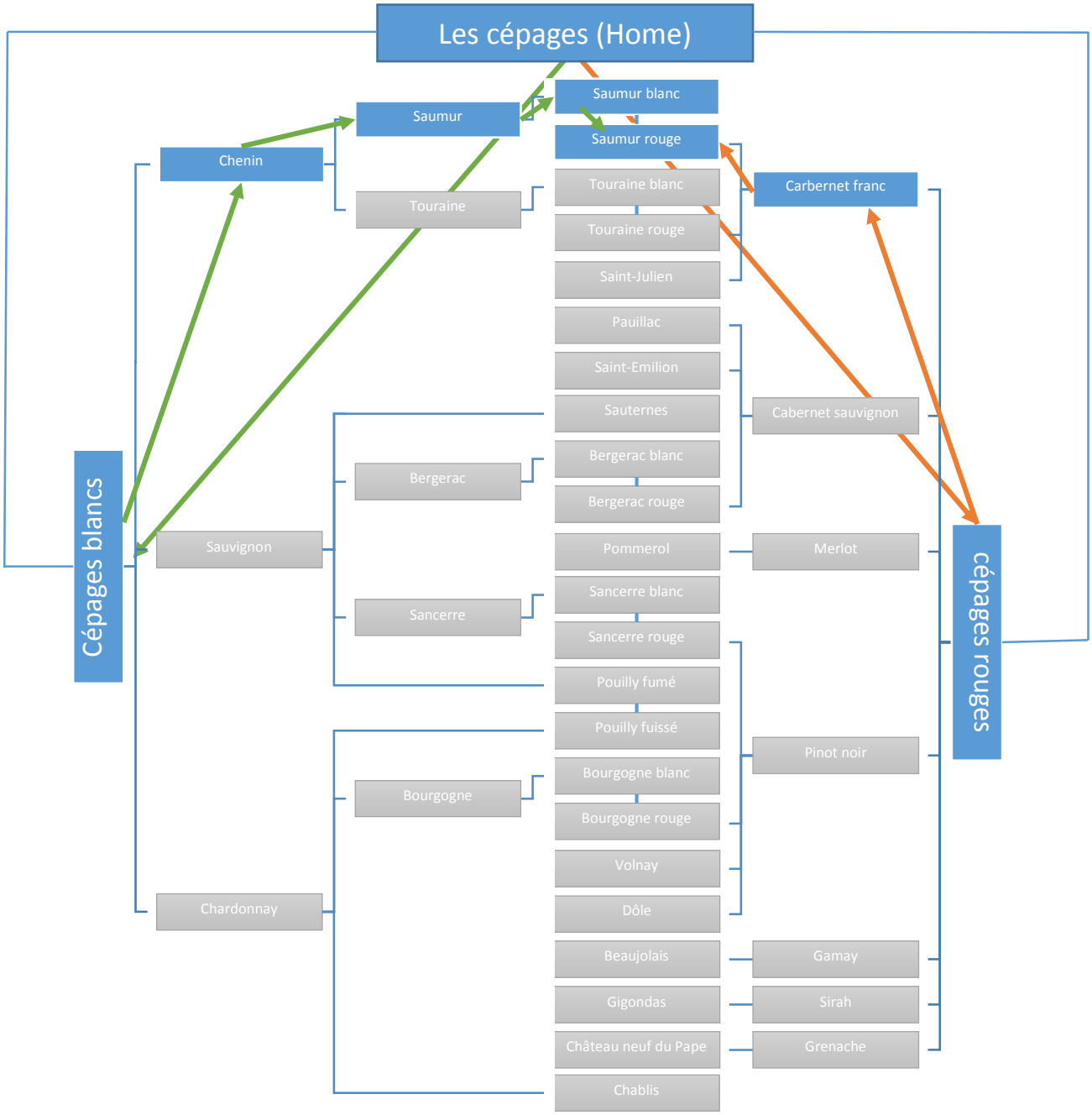


Figure 43: Possibilité de parcours tâche 8

Dans le cadre de cette dernière tâche, seuls trois participants, des novices, ont opté pour un parcours déjà emprunté. Tous les experts ont mis en place une stratégie sémantique. Les novices ont soit mis en place une stratégie systématique (6), soit ils ont réussis à localiser la page-cible directement (6). Nous pouvons proposer deux interprétations de cette observation. La première, nous laisse penser que les sept tâches de navigation précédentes ont alourdi la représentation mentale de l'utilisateur construite par apprentissage primaire. Il n'était donc plus capable de se souvenir d'un parcours particulier déjà emprunté parmi tous ceux expérimentés. Il a alors opté pour une navigation systématique. La seconde, nous fait supposer que comme il s'agit de la

dernière tâche, l'utilisateur a eu le temps d'expérimenter l'environnement et de s'en construire une représentation mentale par apprentissage primaire assez fiable qui lui a permis de localiser directement la page cible par le parcours le plus court. Il s'agirait de la possibilité d'un effet d'entrainement qui améliorerait l'efficacité au fil des tâches. Le tableau ci-dessous présente les moyennes d'efficacité (en ordonnée) pour chaque tâche (en abscisse) des novices et des experts.

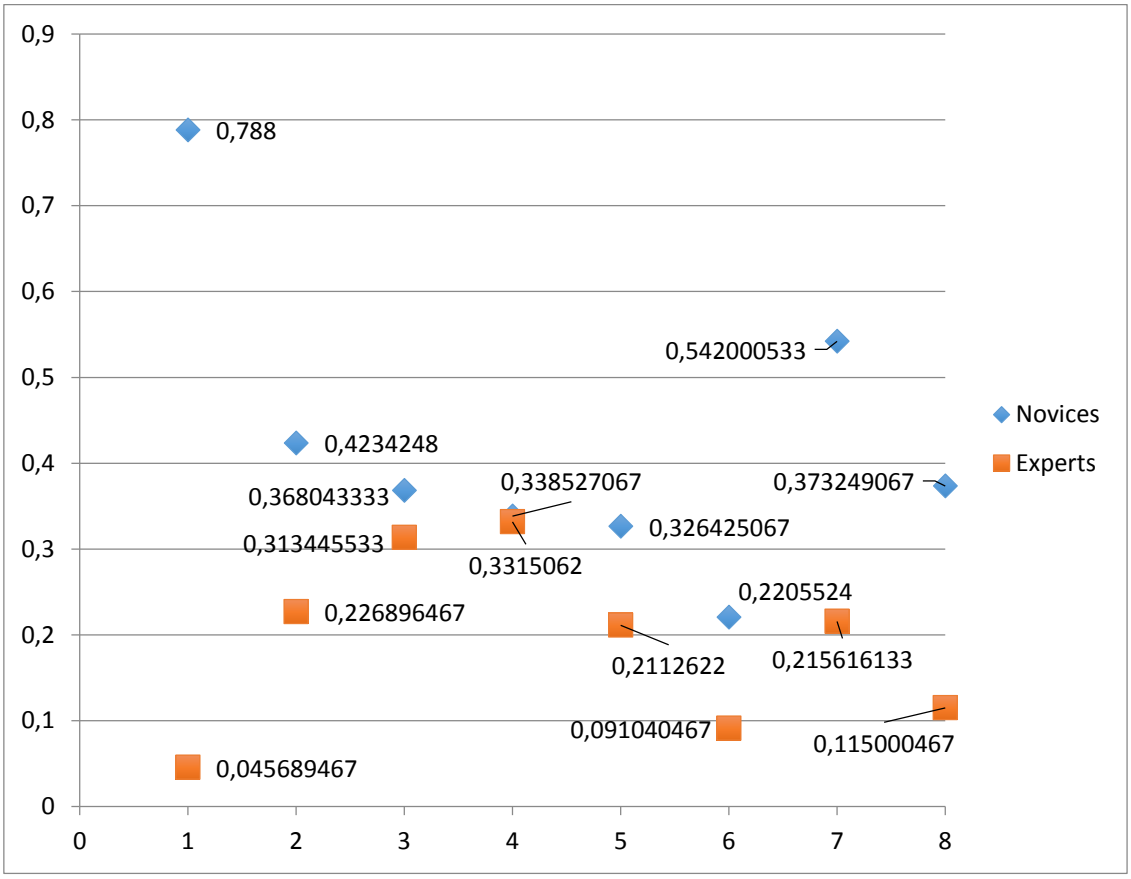


Figure 44: Distribution des moyennes d'efficacité par tâche et par groupe

Nous pouvons observer que l'efficacité des novices s'améliore jusqu'à la sixième tâche, mais que pour les deux dernières tâches l'indice augmente et donc l'efficacité diminue. Cela est peut-être dû à une charge cognitive trop lourde véhiculée par l'accumulation des six premières tâches. Comme nous l'avons déjà avancé, la compilation de tous les itinéraires empruntés peut être lourde cognitivement ce qui dessert la navigation de l'utilisateur.

Nous pouvons remarquer également que pour la tâche 4, experts et novices sont sensiblement aussi efficaces les uns que les autres. Nous pouvons l'expliquer par le fait qu'il s'agissait d'une tâche où l'utilisateur avait la possibilité d'emprunter un parcours déjà emprunté et que la différence entre cette stratégie et la stratégie sémantique était de seulement deux nœuds (ce qui réduit la différence en terme d'indice d'efficacité).

5. Autres observations

5.1 Navigation systématique

L'analyse des graphiques des parcours nous permet de visualiser clairement l'option pour une stratégie de navigation systématique chez les novices (voir graphique, ci-dessous). Les points rouges représentent les nœuds cibles et les cadres, le retour systématique à une page occupant un niveau hiérarchique à partir duquel plusieurs liens étaient accessibles. Nous pouvons ainsi visualiser les va-et-vient entre une page et ses liens (Figure 45).

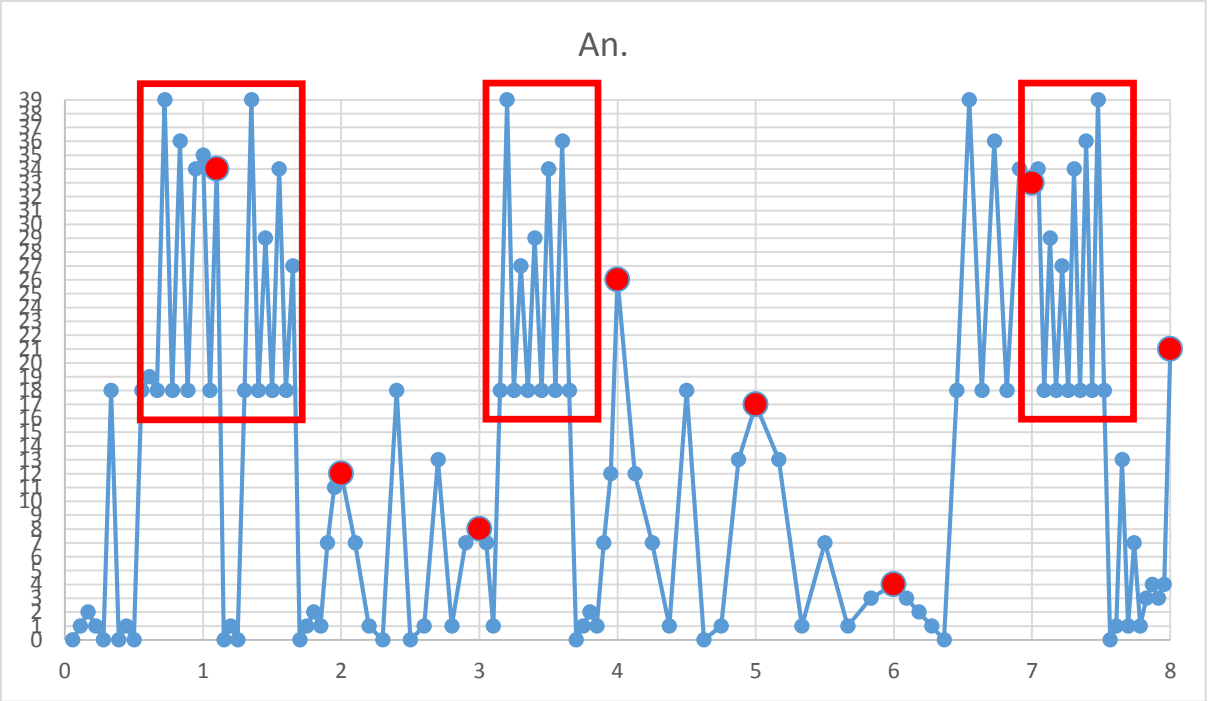


Figure 45: Illustration de navigation systématique (2e expé.)

Cette stratégie est très populaire chez les novices puisque tous y ont eu recours au moins une fois. Par contre, la navigation systématique n'a jamais été observée auprès des experts. Ces derniers planifiaient leur itinéraire sur base de leur expertise en construisant du sens entre la question posée et les ressources sémantiques disponibles. Parfois, leurs connaissances les ont induits en erreur (par exemple, Be. sait que le Pouilly fuissé est produit dans la région de la Bourgogne, il décide alors de choisir le cépage du Bourgogne, alors que nous avions placé le Pouilly fuissé sous le Chardonnay à cause de son cépage), mais cela n'a pas entravé grandement la navigation. Très rapidement, ils ont pu planifier un nouveau parcours toujours basé sur leurs connaissances.

5.2 Le rôle de l'expertise dans le choix de stratégie de navigation

Nous avons voulu savoir si le fait d'être expert ou novice influence la propension à choisir un itinéraire déjà emprunté quand cette option est possible. Pour ce faire, nous avons calculé le Khi-2.

Tableau croisé Expertise * Stratégies spatiales

Effectif

		Stratégies spatiales		Total
		autre	spatial	
Expertise	Novice	2	13	15
	Expert	9	6	15
Total		11	19	30

Les résultats montrent que le fait d'appartenir au groupe des novices est associé de manière significative au choix pour un parcours déjà emprunté (khi-2 $_{dl = 1}$ = 7,033 ; p = 0,008). Nous pouvons donc constater que les novices ont davantage tendance que les experts, à emprunter un parcours connu lorsque c'est possible. Ce résultat nous laisse donc penser que c'est lorsque l'utilisateur n'a pas une représentation précise de la tâche de localisation d'information qu'il a tendance à opter pour une stratégie spatiale, ici choisir un parcours déjà emprunté, et que nous pouvons supposer que pour ce faire il doit mobiliser ses habiletés visuo-spatiales.

Ainsi, au sein de tout notre échantillon nous avons observé un coefficient de corrélation significatif entre le nombre de fois que l'utilisateur a opté pour un parcours déjà emprunté et l'efficacité moyenne aux tâches (tau-b $_{Kendall}$ = 0,348 ; p = 0,014 ; N = 30). Ce qui veut dire que plus l'utilisateur opte pour un parcours déjà emprunté plus son indice d'efficacité moyen augmente, et donc qu'il est moins efficace.

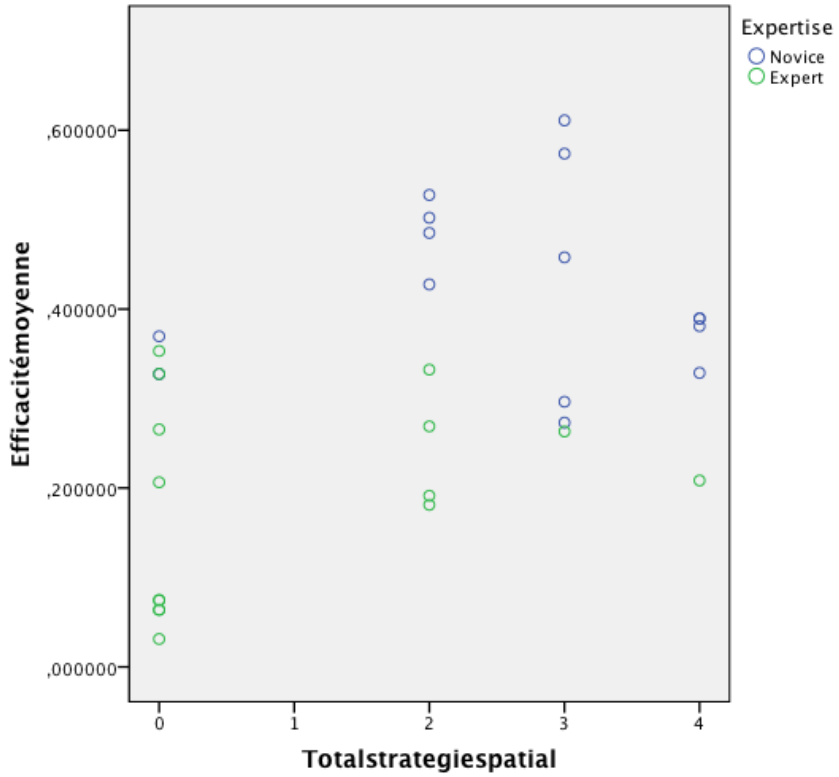


Figure 46: Distribution des moyennes d'efficacité associée au nombre de recours à une stratégie spatiale sur l'ensemble des tâches en fonction du groupe experts/novices

Nous pouvons visualiser sur le graphe ci-dessus la relation entre le nombre de fois que les experts/novices choisissent un chemin déjà emprunté et l'efficacité moyenne aux tâches de localisation d'information.

Auprès des novices, nous nous attendions à observer l'inverse. Nous pensions, en effet qu'au sein d'une population de novices, opter pour un parcours déjà emprunté constituerait une stratégie plus efficace (qu'une navigation systématique) et que par conséquent, plus un novice opte pour un parcours déjà emprunté, plus il est efficace par rapport aux autres novices. Cela n'a pas pu être vérifié statistiquement (tau-b $_{Kendall}$ = -0,065 ; p = 0,756 ; N = 15).

Corrélations

			Total stratégies spatiales	Efficacité moyenne
Tau-B de Kendall	Total stratégies spatiales	Coefficient de corrélation	1,000	-,065
		Sig. (bilatérale)	.	,756
		N	15	15
	Efficacité moyenne	Coefficient de corrélation	-,065	1,000
		Sig. (bilatérale)	,756	.
		N	15	15
Rho de Spearman	Total stratégies spatiales	Coefficient de corrélation	1,000	-,111
		Sig. (bilatérale)	.	,693
		N	15	15
	Efficacité moyenne	Coefficient de corrélation	-,111	1,000
		Sig. (bilatérale)	,693	.
		N	15	15

Figure 47:Corrélation entre le nombre de fois que l'utilisateur novice mobilise une stratégie spatiale sur l'ensemble des tâches et l'efficacité moyenne sur l'ensemble des tâches

5.3 Le niveau d'expertise et l'efficacité à résoudre la tâche

Nous avons effectué une comparaison des moyennes d'efficacité des experts et des novices. Celle-ci a montré que les experts ont tendance à être plus efficaces que les novices. En effet, le groupe d'expert (*M*=0, 19375432, ET=0,109305329) a obtenu un indice d'efficacité moyen inférieur à celui des novices (*M*=0,42264891, ET = 0,101347941) (ce qui veut dire que les experts sont plus efficaces que les novices). Cette différence a été testée grâce à un test t pour échantillons indépendants, qui a révélé une différence significative entre les conditions, t(28)=5,947, p<,000.

Ce résultat nous laisse penser que le fait d'avoir une représentation mentale claire de la tâche est un élément favorisant l'efficacité de la localisation d'information.

5.4 Le rôle des HVS dans la tâche de localisation d'information

Le calcul de la droite de régression ne nous permet pas d'avancer que le résultat au Corsi bloc test prédit l'efficacité.

Coefficients[a]

Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
		A	Erreur standard	Bêta		
1	(Constante)	,296	,095		3,120	,004
	Corsci	,000	,002	,026	,140	,890

a. Variable dépendante : Efficacité

Figure 48: Régression score au Corsi/efficacité

Encore une fois, comme pour la première expérimentation (p.101) nous ne pouvons pas dire que le niveau d'HVS prédit les performances de localisation d'information. Les raisons que nous pouvons avancer sont relatives à la taille de l'échantillon, dans lequel peu de sujets se distinguent par leur excellent résultat ou au contraire par leur faible score. Comme l'indique le tableau ci-dessous (Figure 49), si les scores au test du Corsi vont de 16 à 84, la majorité des participants ont un score compris entre 35 et 54. Pour ce qui est de l'efficacité, les scores vont de 0,03125 à 0,6109. Nous pouvons ici aussi envisager l'éventualité que le test ne concordait pas avec le type de raisonnement cognitif mobilisé au cours de ce type de tâche dans ce type d'interface.

Participants	Efficacité	Corsi	Expertise
Ar.	0,48513391	16	Non
Fl.	0,36958338	24	Non
Et5.	0,26896525	24	Oui
A.	0,61093448	30	Non
Be.	0,18117461	35	Oui
B.	0,26550007	35	Oui
Et2	0,353183	35	Oui
Et3	0,19140557	35	Oui
Et4	0,07484484	35	Oui
N.	0,06379271	35	Oui
R.	0,32757782	35	Oui
T.	0,20841942	35	Oui
Vdm	0,33234991	35	Oui
Au.	0,57379534	40	Non
Aur.	0,2963637	40	Non
El.	0,38941403	40	Non
L.	0,38091347	40	Non
M1	0,03125	40	Oui
M2	0,06379271	40	Oui
J.	0,50206386	48	Non
P.	0,42753551	48	Non
Ch.	0,20636537	48	Oui
C.	0,32386749	54	Non
Ce.	0,5276093	54	Non
Flo.	0,27304663	54	Non
M.	0,38941559	54	Non
Ti.	0,3273451	54	Non
Et1	0,26324558	54	Oui
TM	0,09359484	70	Oui
Em.	0,45788488	84	Non

Figure 49: Tableau des scores des participants

6. Conclusion

Cette seconde expérimentation avait pour objectif de valider deux hypothèses. La première supposait que c'est lorsque la stratégie sémantique n'est pas efficace, à cause d'une représentation mentale de la tâche floue ou peu précise que l'utilisateur mobilise une stratégie spatiale. Celle-ci peut être basée sur des ressources internes (la représentation mentale de l'environnement) ou externes (la structure de l'interface, par exemple). A l'inverse, lorsque

l'utilisateur a une représentation précise de la tâche, il procédera à une extraction de la cible recherchée (Tricot, 1993) grâce à une stratégie de navigation sémantique. La seconde hypothèse, supposait que les novices préfèrent emprunter un parcours déjà connu plutôt que d'en configurer un nouveau.

Les observations que nous avons réalisées nous ont permises de vérifier ces hypothèses. En effet, les novices ont eu recours à la navigation systématique, une stratégie spatiale basée sur les ressources de l'interface qui dispense l'utilisateur d'effectuer des choix de navigation en les faisant reposer sur la structure de l'interface telle qu'elle se présente. Les experts n'ont opté pour cette stratégie à aucun moment, certainement grâce au fait que la navigation sémantique était une stratégie amplement efficace au vu de leur expertise et du contenu informationnel présenté. Nous avons observé que les experts sont plus efficaces que les novices, nous laissant penser que le fait d'avoir une représentation mentale de la tâche de localisation d'information précise est déterminant dans la qualité de la navigation.

Lorsque l'utilisateur avait la possibilité de localiser la page-cible via un parcours déjà emprunté, nous avons pu vérifier statistiquement que le fait de faire partie du groupe des novices influençait la propension à choisir cette stratégie. Les individus n'ayant pas une représentation précise de la tâche de recherche d'information préfèrent effectivement adopter un itinéraire déjà emprunté.

Nous avons donc pu vérifier nos hypothèses et nous pouvons avancer que la mobilisation d'une stratégie spatiale (interne ou externe) est influencée par le contexte de la tâche, à savoir la qualité de la représentation mentale que l'individu est capable de s'en construire. Nous avons validé l'hypothèse selon laquelle lorsque l'utilisateur a le choix entre un parcours déjà emprunté et un nouveau parcours, lorsqu'il n'a pas une représentation mentale précise de la tâche, ce dernier optera plus volontiers pour un parcours déjà emprunté.

Notons que cette stratégie n'est pas la plus efficace. Les individus qui n'ont pas une représentation précise de la tâche de localisation d'information ont donc une propension à opter pour ce processus spatial particulier, malgré le fait que celui-ci ne soit pas le plus efficace.

Nous pouvons avancer que cette stratégie est mobilisée dans un but d'économie cognitive. En optant pour un parcours déjà emprunté, l'utilisateur doit mobiliser sa représentation mentale de l'interface pour pouvoir retrouver la route déjà expérimentée, mais il évite de cette manière de complexifier sa représentation mentale avec de nouvelles routes et un nouvel itinéraire. Il en va de même lors de la mobilisation d'une stratégie de navigation systématique. L'utilisateur évite

de faire des choix de navigation, laissant l'interface dicter le prochain nœud à visiter. Cette propension à opter pour un processus familier, rejoint la théorie de Reuchlin (1978), selon laquelle, nous avons tendance à mobiliser une stratégie qui a fonctionné par le passé, même si celle-ci n'est pas la plus efficace (p. 129).

Discussions et conclusions générales

Nous nous sommes intéressée au rôle des habiletés visuo-spatiales dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia.

La recherche d'information telle que nous l'avons envisagée est *user-centred* dans le sens où nous nous sommes intéressée au chercheur d'information sans spécifiquement questionner le système de recherche d'information. Nos lectures nous ont poussée à définir davantage nos tâches de recherche d'information et nous avons opté pour des tâches de localisation d'information. Celles-ci sont caractérisées par le fait que la cible est unique et localisée (Tricot, 1993) et que l'énonciation de la tâche ne laisse aucune ambiguïté quant à la cible. Ces tâches permettent directement un feedback sur elles-mêmes, l'utilisateur sait, s'il a localisé la bonne information ou non.

Nous avons choisi de nous intéresser à l'hypermédia dans sa forme structurelle, c'est-à-dire que, même si nous avons développé des environnements spécifiques, notre volonté était de nous concentrer sur les caractéristiques communes d'un type de dispositif : ceux présentant de l'information segmentée en pages, celles-ci reliées par des nœuds. Ainsi, notre question de recherche porte sur l'interaction avec un « genre » d'interface et non sur une application particulière. Ce type d'interface s'actualise dans un grand nombre de systèmes auxquels nous sommes confrontés quotidiennement : self-scan dans les supermarchés, distributeur automatique d'argent, par exemple.

Dans ce contexte de RI dans un environnement hypermédia, nous avons voulu comprendre le rôle de la cognition spatiale dans le processus mental permettant de réaliser ce type de tâche. Plus précisément, nous avons voulu saisir le rôle des habiletés visuo-spatiales dans la localisation d'information dans un environnement hypermédia.

L'intérêt pour l'implication des HVS dans la RI dans les hypermédias n'est pas neuf. Un grand nombre de recherches antérieures (p.66) ont tenté de démontrer statistiquement l'implication des HVS dans la RI hypermédia. Notre approche se voulait compréhensive afin de dépasser le constat d'une implication des HVS. Nous voulions comprendre quand et comment celles-ci étaient mobilisées tout au long du processus cognitif de localisation d'information. Cette approche impliquait un choix méthodologique important : nous avons décidé d'observer la RI dans un environnement hypermédia et dans un environnement physique. De cette façon, nous

voulions tenter de comprendre les comportements observés dans un environnement au regard de ceux observés dans l'autre.

Une première hypothèse a été formulée. Celle-ci reposait sur le fait que les HVS étaient mobilisées lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement. Selon cette hypothèse, des individus avec des HVS faibles qui auraient étudié le plan de l'environnement, auraient été plus performants que des HVS- qui n'auraient pas étudié le plan, voir aussi performants que des HVS+. L'idée étant que l'étude du plan au préalable permettrait à l'individu de compenser ses HVS- grâce à une construction mentale via une ressource externe.

Nous avons donc mis en place un premier dispositif d'expérimentation. Celui-ci s'est décliné sur deux environnements ; l'un hypertextuel (que nous avons créé), l'autre physique (le parc animalier de Plankendael). Le contenu sémantique présenté dans les environnements était du même champ (les animaux) mais non redondant. L'information était organisée de la même manière dans les deux environnements. Les animaux étaient donc agencés selon le continent dans lequel ils vivent.

L'expérimentation a été menée avec 24 participants. La moitié a débuté par la navigation dans le zoo et l'autre par celle dans l'hypermédia pour éviter tout effet d'entraînement potentiel de la navigation dans un environnement sur la navigation dans l'autre. Afin de vérifier notre hypothèse, la moitié des sujets a étudié le plan de chaque environnement avant d'y naviguer. Nous avons soumis nos participants à deux tests cognitifs : l'un évaluant leurs HVS (afin d'observer l'implication des HVS dans la localisation d'information) et l'autre leurs capacités de compréhension du discours (afin de vérifier qu'aucun effet des capacités de compréhension du discours ne masquerait un effet des HVS, ou l'inverse). Les participants ont été soumis à 5 tâches de localisation d'information dans le zoo et à 7 tâches de localisation d'information dans l'interface hypertextuelle. Les navigations ont été enregistrées puis analysées.

Les habiletés visuo-spatiales sont-elles impliquées dans la localisation d'information dans un hypermédia ?

Le traitement statistique des données n'a pas permis de vérifier nos hypothèses. En effet, nous n'avons pas pu observer d'association entre le niveau d'HVS et l'efficacité des participants. Nous n'avons donc pas pu valider notre hypothèse selon laquelle les HVS- ayant étudié le plan sont plus efficaces que les HVS- ne l'ayant pas étudié. Nous pouvons dès lors avancer d'autres hypothèses. Nous pouvons envisager que les HVS ne sont pas mobilisées lors de la construction mentale de l'environnement mais lors de l'utilisation de celle-ci. En effet, le fait qu'ils aient

étudié le plan n'a pas pu les aider, ils n'ont pas été capables de coordonner la représentation qu'ils avaient en mémoire avec l'environnement tel qu'il s'est présenté à eux. Nous pouvons supposer que malgré une représentation mentale cohérente, ils n'avaient pas les habiletés pour la manipuler, l'utiliser.

D'autres raisons peuvent expliquer ces résultats. Premièrement, si nous nous basons sur les recherches antérieures, ces résultats ne sont pas si surprenants. En effet, dans les recherches présentées dans la revue de la littérature nous avons pu remarquer que les résultats statistiques ne sont pas tous unanimes. D'une part, la variable indépendante que sont les HVS n'est pas évaluée par les mêmes tests. Nous avions opté pour le plus populaire (Ekstrom et al., 1976). D'autre part, les variables dépendantes ne sont pas les mêmes ; pour certains, il s'agit du temps de solution de la tâche (Vicente et al., 1987), pour d'autres, un test de rappel de la structure naviguée (Chen, 2000), ou encore, le nombre moyen de pages visitées (Nilsson & Mayer, 2002). En ce qui nous concerne, nous avions opté pour la mesure d'efficacité de Smith (1996). Ensuite, les tâches sur lesquelles portent les observations ne sont pas comparables. Il faut également souligner que plusieurs recherches ont affirmé un effet des HVS dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia mais qu'en analysant leurs résultats de plus près, il ne s'agit pas exactement de ça. Par exemple, Pilgrim (2007) a pu démontrer que les HVS- consultent plus souvent le plan de l'interface, mais ne parle pas, réellement de l'efficacité de navigation. Enfin, certaines recherches, comme la nôtre, n'ont pas pu démontrer un effet des HVS dans la recherche d'information hypermédia (Chen, 2000; Downing et al., 2005).

Dès lors, si nous ne pouvons pas réfuter une implication des HVS dans le processus cognitif de navigation hypermédia, et plus précisément dans la recherche d'information, nous ne pouvons pas non plus démontrer cette implication. De fait, nous avons pu constater une grande difficulté à rendre visible cette interaction via un traitement statistique.

Deuxièmement, il existe un grand nombre de type d'habiletés visuo-spatiales et celles-ci sont mobilisées dans des contextes très particuliers. Notre tâche étant, elle aussi très spécifique, nous pouvons supposer que nous n'avons pas évalué les habiletés visuo-spatiales effectivement mobilisées lors de ce type de tâche.

Enfin, la taille réduite de notre échantillon peut également être une raison pour laquelle notre analyse statistique n'a rien montré. En effet, celui-ci est extrêmement homogène, certainement en raison de la façon dont nous avons recruté nos participants. Ainsi, très peu de sujets s'éloignent de la médiane des résultats aux tests d'HVS. En d'autres mots, nous avions très peu

d'individus avec de très faibles HVS et de même pour les individus avec de très hautes HVS. Si nous avions réalisé notre recherche avec un échantillon plus conséquent, nous aurions pu nous concentrer sur les deux extrémités de la distribution et peut-être observer d'autres résultats.

Nous avons réalisé une analyse qualitative des comportements de navigation, à partir des enregistrements effectués. Plusieurs observations en ont été dégagées.

Ainsi, dans l'environnement hypermédia, la stratégie de navigation la plus mobilisée est une stratégie sémantique. Le choix de navigation s'effectue en fonction du sens que l'utilisateur peut construire entre la question qui lui est posée et le contenu présenté. Cette stratégie a été favorisée en raison du contenu informationnel proposé. En effet, les animaux constituent un domaine somme toute commun sur lequel tous les individus avaient des connaissances préalables plus ou moins poussées. Ainsi, les participants n'ont pas du mobiliser de stratégies spatiales pour remplir la majorité des tâches. De fait, les participants avaient une représentation mentale de la tâche relativement précise, en d'autres termes, ils savaient ce qu'ils cherchaient. Mais pour l'une des tâches (« *Les petits d'un animal omnivore sont surnommés « bêtes rousses », de quel animal s'agit-il ?* »), la plupart des sujets ne savaient pas quel animal ils devaient chercher, leur représentation mentale de la tâche était floue. C'est dans cette dernière situation que nous avons observé la manifestation de stratégies spatiales.

Statistiquement, nous n'avons pas pu vérifier l'implication des habiletés visuo-spatiales (ni d'une manière générale, ni lors de la construction de la représentation mentale de l'environnement). Néanmoins, nous pensons toujours que les ressources cognitives spatiales sont mobilisées dans la localisation d'information dans une interface hypermédia, mais pas de façon systématique. Nous pensons que celles-ci sont mobilisées lors de situations particulières, lorsque l'utilisateur n'a pas une représentation précise de la tâche de recherche d'information.

Comment les ressources cognitives spatiales sont-elles impliquées dans la localisation d'information dans un hypermédia ?

Nous avons observé deux types de stratégies spatiales mobilisées par les participants : l'une basée sur des ressources externes, l'autre sur des ressources internes. Parmi les ressources externes, nous avons relevé l'utilisation du plan du site, l'utilisation de la structure pour définir le choix navigationel (lors de la navigation systématique), du bouton « back », ou encore l'utilisation des onglets pour accéder à une vue d'ensemble de la structure. La stratégie spatiale basée sur des ressources internes consiste à mobiliser la représentation mentale que l'individu s'est construit au sujet de l'interface ou de l'organisation de l'information au sein des pages.

Parmi les comportements observés, nous avons pu en catégoriser certains de stratégies d'économie cognitive. C'est le cas, notamment, des stratégies spatiales reposant sur des ressources externes. Ces stratégies ont pour particularité d'alléger la charge cognitive inhérente à la tâche. Par exemple, l'utilisation du bouton « back » permet de revenir à un point de repère familier sans configurer un nouvel itinéraire, favorisant une conceptualisation de l'interface de type *route*. La navigation systématique fait reposer les choix de navigation sur la structure. L'utilisateur n'effectue pas de choix, c'est l'architecture du site qui dicte le lien sur lequel cliquer. La consultation du plan permet de passer d'une vision *route* à une vision *survey* sans traitement cognitif. Enfin, le retour à la page d'accueil favorise également un itinéraire déjà emprunté et évite ainsi d'en configurer un nouveau en mémoire. Cette dernière stratégie qui consiste à favoriser un parcours déjà emprunté est très populaire dans la navigation physique, puisque plus de la moitié des participants y ont eu recours dans le zoo.

Stratégies spatiales ou sémantiques ne sont pas opposées l'une à l'autre. Au contraire, elles interagissent. L'utilisateur passe de l'une à l'autre, grâce à la fonction exécutive du *shifting* (Miyake et al., 2000). Pour reprendre Reuchlin (1978), les processus de différents types sont évoqués successivement mais il n'est pas possible de prédire avec certitude quel processus sera évoqué par un individu. Néanmoins, nous avons observé que, lorsque l'utilisateur a une représentation floue de la tâche de localisation d'information et qu'il a des HVS faibles, il aura tendance à évoquer une stratégie spatiale qui repose sur des ressources externes, alors que s'il a des HVS plutôt élevées, il évoquera une stratégie spatiale basée sur ses ressources internes. Il pourrait être intéressant de vérifier cette observation et d'approfondir cette question dans une nouvelle recherche.

L'analyse qualitative de cette première expérimentation nous a donc menée vers de nouvelles questions et de nouvelles hypothèses. Nous en avons formulées deux, basées pour l'une sur l'analyse de la navigation hypermédia et pour l'autre sur la navigation physique.

Notre première nouvelle hypothèse suppose que l'individu mobilise plus volontiers une stratégie spatiale lorsque ses connaissances antérieures sur le contenu sémantique présenté ne lui permettent pas d'avoir une représentation mentale précise de la tâche (en d'autres mots, quand il ne sait pas ce qu'il cherche). La seconde, propose que, comme dans le zoo, les utilisateurs qui doivent se rendre sur un nœud dans un système hypermédia préfèrent emprunter un parcours déjà expérimenté, plutôt que d'en configurer un nouveau.

Les utilisateurs mobilisent-ils des ressources spatiales lorsqu'ils n'ont pas une représentation précise de la tâche de localisation d'information ?

Pour répondre à cette question et vérifier notre hypothèse, nous avons mis en place un nouveau dispositif d'expérimentation. La structure de ce dernier avait été pensée afin de vérifier notre deuxième hypothèse. Ainsi, pour 4 tâches (sur 8), l'utilisateur avait la possibilité d'emprunter un parcours déjà expérimenté, ou d'opter pour un nouveau. Nous avons choisi un contenu sémantique spécifique afin de vérifier notre première hypothèse. Le site organisait des informations portant sur les vins et les cépages. Nous avons recruté 30 participants. Quinze avaient déclaré ne pas être intéressés par le vin, et quinze étaient des professionnels du vin. Nous les avons soumis à huit tâches de localisation d'information portant sur les vins et les cépages. Nous avions un échantillon constitué de quinze personnes avec une représentation mentale de la tâche floue (les novices) et quinze avec une représentation mentale de la tâche précise (les experts).

Nous avons pu observer et vérifier statistiquement que le fait d'appartenir au groupe des novices et donc d'avoir une représentation de la tâche floue, encourage le participant à recourir à une stratégie spatiale, ici opter pour un parcours déjà emprunté. Cela signifie, que le fait d'appartenir au groupe des experts (et ainsi, avoir une représentation mentale de la tâche précise) implique une tendance à ne pas mobiliser de ressources spatiales dans les stratégies de navigation mises en place.

Nous pouvons dès lors avancer que la mobilisation de stratégies spatiales est encouragée dans une situation où l'individu n'a pas une représentation précise de la tâche de recherche d'information. Au contraire, lorsque ce dernier a des connaissances antérieures suffisantes pour construire une représentation précise de la tâche, il optera pour une navigation sémantique qui lui sera satisfaisante. Lorsque ses connaissances antérieures ne sont pas suffisantes, il choisira une stratégie spatiale qui, si elle se base sur des ressources internes, mobilisera très probablement ses HVS. En effet, notre dispositif réduisait grandement le choix entre une mobilisation de ressources internes ou externes. De fait, le dispositif ne disposait pas d'outils de navigation et la seule ressource interne constituait la structure elle-même, mais celle-ci était relativement complexe. Le dispositif n'a donc pas permis de distinguer quand un individu mobilise plus volontiers des ressources spatiales internes ou externes. Ce n'était pas l'objectif de notre démarche, mais c'est un questionnement qui mériterait d'être approfondi.

Nous pouvons synthétiser nos observations de cette façon :

La représentation mentale de la tâche de recherche d'information	Stratégies mise en place	Types de ressources mobilisées
Floue	Spatiale	Internes → La représentation mentale de l'environnement → HVS ?
		Externes → Outils de navigation, par exemple.
Précise	Sémantique	Internes → Les connaissances antérieures

Figure 50: Représentation synthétiques de nos observations

Nous insistons sur le fait que ce modèle n'est pas linéaire, mais qu'à tout moment, l'utilisateur peut délaisser une stratégie pour tenter une autre, voir en utiliser deux pour résoudre une même tâche.

Concernant notre méthode, nous l'avons mentionné ci-dessus, nous pouvons regretter la taille de l'échantillon. Néanmoins, l'analyse qualitative que nous avons mise en place et qui constitue l'originalité de notre démarche aurait été difficilement réalisable avec un échantillon plus grand. Concernant le choix des tests, nous nous sommes basée sur la littérature existante, notre expertise limitée en cognition spatiale nous empêchant d'effectuer notre choix différemment. Nous pouvons déplorer cette option par défaut.

Dès lors, nous retiendrons de notre recherche doctorale que l'implication des HVS dans la recherche d'information dans un environnement hypermédia n'est pas aisément démontrable. L'une des raisons repose sur le fait que dans certains contextes de tâches de RI, l'utilisateur n'a pas besoin de recourir à ses HVS. La navigation sémantique est dans un grand nombre de situations suffisante et efficace. Cela rejoint la théorie de Dillon (2000) qui définit la navigation hypermédia comme une double tâche : spatiale et sémantique. Cela va également dans le sens de la théorie de Reuchlin (1978) qui souligne que le processus évoqué (la stratégie mise en place) dépend notamment de la familiarité de l'individu avec les caractéristiques propres à la tâche mais aussi d'une dimension probabiliste. Il est donc extrêmement délicat de déterminer a priori et avec certitude, quel processus un individu évoquera face à une tâche.

Néanmoins, nous avons pu définir un type de contexte de RI dans lequel l'utilisateur aura tendance à recourir à une stratégie spatiale. En effet, lorsque les connaissances antérieures sur le domaine présenté dans l'interface ne permettent pas à l'utilisateur d'avoir une représentation

précise de la tâche de localisation d'information, ce dernier aura tendance à évoquer une stratégie spatiale. Cette stratégie de navigation peut mobiliser deux types de ressources spatiales. La première est une ressource externe que l'utilisateur pourra trouver au sein de l'interface elle-même, soit, dans l'espace de la navigation. C'est le cas, lorsque l'utilisateur opte pour une navigation systématique qui consiste à cliquer sur tous les liens qui se présentent à l'écran dans l'ordre imposé par la structure. Cette stratégie dispense l'utilisateur d'effectuer des choix puisque c'est l'interface qui les dicte. La seconde est une ressource interne, mobilisant la représentation mentale de l'interface que l'utilisateur se sera construite, comme c'est le cas quand il décide d'emprunter un parcours connu, même si celui-ci est plus long. Nous pensons que c'est certainement dans cette situation que les HVS de l'utilisateur seront mobilisées.

Des recherches ultérieures pourraient tenter de définir clairement quelles HVS sont effectivement mobilisées dans ce genre de contexte. Cela donnerait l'occasion de vérifier une nouvelle hypothèse selon laquelle des individus avec des HVS-, lorsqu'ils n'ont pas une représentation mentale précise de la tâche de localisation d'information, mobilisent une stratégie spatiale basée sur des ressources externes (quand celles-ci sont disponibles), alors que les HVS+ mobiliseront naturellement leurs ressources internes. Nous avons partiellement vérifié cette hypothèse, mais si nous avons pu démontrer dans quelle circonstance l'utilisateur a recours à une stratégie spatiale, il importe de distinguer sur quel type de ressource celle-ci se fonde (interne ou externe). Les résultats de notre première expérimentation nous poussent à formuler une autre hypothèse. En effet, puisque l'étude du plan n'a pas permis aux HVS- de pallier à leur faiblesse, nous pouvons supposer que c'est parce que les HVS ne jouent pas un rôle décisif dans la construction mentale de l'environnement (du moins par apprentissage secondaire). Nous pouvons donc formuler l'hypothèse selon laquelle, les HVS joueraient un rôle lors de l'utilisation, de la manipulation de cette représentation mentale et non lors de sa construction.

Bibliographie

Ahuja, J. S., & Webster, J. (2001). Perceived disorientation: an examination of a new measure to assess web design effectiveness. *Interacting with Computers*, *14*(1), 15‑29. doi:10.1016/S0953-5438(01)00048-0

Amadieu, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Prior knowledge in learning from a non-linear electronic document: Disorientation and coherence of the reading sequences. *Computers in Human Behavior*, *25*(2), 381‑388.

Anis, J. (1999). L'hypertexte comme hypermétaphore. *Linx. Revue des linguistes de l'université Paris X Nanterre*, (40), 237‑256. doi:10.4000/linx.798

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: proposed system and its control processes. In *PSYCHOLOGY OF LEARNING&MOTIVATION* (Vol. 2, p. 89‑195). Academic Press.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417‑423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2

Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(10), 829‑839. doi:10.1038/nrn1201

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In Gordon H. Bower (Éd.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. Volume 8, p. 47‑89). Academic Press. Consulté à l'adresse http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079742108604521

Baddeley, A., & Logie, R. H. (1992). Working memory. *Science*, *255*(5044), 556‑559. doi:10.1126/science.1736359

Benyon, D., & Murray, D. (1993). Applying user modeling to human-computer interaction design. *Artificial Intelligence Review*, *7*(3-4), 199‑225. doi:10.1007/BF00849555

Berch, D. B., Krikorian, R., & Huha, E. M. (1998). The Corsi Block-Tapping Task: Methodological and Theoretical Considerations. *Brain and Cognition*, *38*(3), 317‑338. doi:10.1006/brcg.1998.1039

Berney, S. (2014). Learning complex information and 3D objects with animations: Effect of learners' visuo-spatial abilities and design factors. Université de Genève, Genève.

Blustein, J., Ahmed, I., Parvaiz, H., Fu, C.-L., Wang, C., & Hu, Y. (2008). Impact of spatial visualization aptitude on WWW navigation. In *Proceedings of the Workshop on Cognition and the Web 2008* (p. 185‑192). Granada: Universidad de Granada.

Borgman, C., & Henstell, B. (1989). Hypertext: What's in a Name. *Bull. Am. Soc. Inf. Sci.*, *15*(5), 22–.

Boubée, N., & Tricot, A. (2010). *Qu'est-ce que rechercher de l'information?*. Presse De L'ensib.

Boutard, C., Claire, I., & Gretchanovsky, L. (2006). Le vol du P.C.: évaluation fonctionnelle de la lecture chez les jeunes de 11 à 18 ans. Ortho Edition.

Brand-Gruwel, S., Wopereis, I., & Vermetten, Y. (2005). Information problem solving by experts and novices: analysis of a complex cognitive skill. *Computers in Human Behavior*, *21*(3), 487‑508. doi:10.1016/j.chb.2004.10.005

Bush, V. (1979). As We May Think. *SIGPC Note.*, *1*(4), 36–44. doi:10.1145/1113634.1113638

Campagnoni, F. R., & Ehrlich, K. (1989). Information retrieval using a hypertext-based help system. *ACM Transactions on Information Systems*, *7*(3), 271‑291.

Carroll, J. B. (1974). *Psychometric Tests as Cognitive Tasks: A New « Structure of Intellect »*.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.

Catledge, L. D., & Pitkow, J. E. (1995). Characterizing browsing strategies in the World-Wide web. *Computer Networks and ISDN Systems*, *27*(6), 1065‑1073. doi:10.1016/0169-7552(95)00043-7

Chen, C. (2000). Individual differences in a spatial-semantic virtual environment. *Journal of the American Society for Information Science*, *51*(6), 529‑542.

Chiaramella, Y., & Mulhem, P. (2007). La recherche d'information. *Document numérique*, *Vol. 10*(1), 11‑38.

Collard, A.-S. (2009). *Comprendre et naviguer dans un hypermédia métaphorisé. L'influence de la forme d'un hypermédia métaphorisé et des comportements de consultation induits sur la représentation mentale des contenus communiqués*. Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.

Collard, A.-S., & Fastrez, P. (2009). A Model of the Role of Conceptual Metaphors in Hypermedia Comprehension. In *Proceedings of CICOM 2009* (p. 241‑255). Braga, Portugal.

Dahlbäck, N. (1998). *Exploring Navigation: Towards a Framework for Design and Evaluation of Navigation in Electronic Spaces* (SICS Technical Report No. T98:01). Kista, Sweden: Swedish Institute of Computer Science. Consulté à l'adresse http://eprints.sics.se/2240/

Dahlbäck, N., Höök, K., & Sjölinder, M. (1996). Spatial Cognition in the Mind and in the World the Case of Hypermedia Navigation. In G. W. Cottrell (Éd.), *Proceedings of the Eighteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (p. 195‑200). Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Daniel, M.-P. (2012). *Les descriptions de configurations spatiales* (Thèse d'habilitation à diriger des recherches). LIMSI CNRS, Paris.

De Ketele, J.-M., & Maroy, C. (2006). Conclusion: Quels critères de qualité pour les recherches en éducation. In *L'analyse qualitative en éducation: des pratiques de recherche aux critères de qualité : hommage à Michael Huberman* (De Boecks Université., p. 222‑253). Bruxelles: De Boeck Supérieur.

Dervin, B. (1992). From the mind's eye of the user: the sense-making qualitative-quantitative methodology. In *Qualitative Research in Information Management* (Libraries Unltd Incorporated., p. 61‑84). Glazier J.D. et Powell R. R.

Dillon, A. (2000). Spatial-Semantics. How users derive shape from information space. *Journal of the American Society for Information Science*, *51*, 521‑528.

Dillon, A., McKnight, C., & Richardson, J. (1990). Navigation in hypertext : a critical review of the concept. In D. Diaper, G. Cockton, D. Gilmore, & B. Shackel (Éd.), *Human-Computer Interaction-1990. Proceedings of the IFIP TC 13 Third International Conference* (p. 587‑592). Amsterdam - New York: North Holland.

Dillon, A., McKnight, C., & Richardson, J. (1993). Space - The final chapter or Why physical representations are not semantic intentions. In C. McKnight, A. Dillon, & J. Richardson (Éd.), *Hypertext. A psychological perspective* (p. 169‑191). Chichester: Ellis Horwood Ltd.

Dillon, A., & Song, M. (1997). An empirical comparison of the usability for novice and expert searchers of a textual and a graphic interface to an art-resource database. Consulté à l'adresse http://arizona.openrepository.com/arizona/handle/10150/106095

Dinet, J. (2003). Chercher des informations dans un hypertexte: quels liens avec les compétences initiales chez les jeunes aprenants? In *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain* (p. 163‑174). Strasbourg, France.

Downing, R. E., Moore, J. L., & Brown, S. W. (2005). The effects and interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking. *Computers in Human Behavior*, *21*(2), 195‑209. doi:10.1016/j.chb.2004.03.040

Duffy, A. (2000). The replacement of printed text: alternative media forms from the 1940's to the 1980's. Consulté à l'adresse http://bada.hb.se:80/handle/2320/1640

Edwards, D. M., & Hardman, L. (1989). Chapter 7 : « Lost in Hyperspace ». Cognitive mapping and navigation in a hypertext environment. In R. McAleese (Éd.), *Hypertext : Theory into practice* (p. 105‑125). Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd.

Egan. (1988). Individual differences in human-computer interaction. In *Handbook of Human-Computer Interaction* (Elsevier Science Publishers B.V., p. 543‑568). North-Holland: Martin Helander.

Egan, D. E., & Gomez, L. M. (1985). Assaying, Isolating, and Accomodating Individual Differences in learning a Complex Skill. In *Individual differences cognition* (Ronna F. Dillon., Vol. 2, p. 173‑217).

Ekstrom, R. B., French, J.W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976a). *Manual for Kit of Factor-Refrenced Cognitive Tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Ekstrom, R. B., French, J. W., & Harmon, H. H. (1976b). *Kit of Factor-referenced Cognitive Tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Fastrez, P. (2002, avril). *Navigation hypertextuelle et acquisition de connaissances. Approche sémiocognitive* (Doctorat en Sciences Sociales (Information et Communication)). Université catholique de Louvain. Consulté à l'adresse http://sites.uclouvain.be/grems/pdf/theses/fastrez_dissertation.pdf

Ford, N., & Chen, S. Y. (2000). Individual Differences, Hypermedia Navigation,and Learning: An Empirical Study. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, *9*(4), 281‑311.

Gibbs Jr., R. W., & Colston, H. L. (1995). The cognitive psychological reality of image schemas and their transformations. *Cognitive Linguistics, 6*(4), 347‑378. doi:10.1515/cogl.1995.6.4.347

Goldin, S. E., & Thorndyke, P. W. (1983). *Spatial Learning and reasoning skill*. Rand Corporation.

Guthrie, J. T. (1988). Locating Information in Documents: Examination of a Cognitive Model. *Reading Research Quarterly*, *23*(2), 178‑199. doi:10.2307/747801

Hegarty, M. (2010). Chapter 7 - Components of Spatial Intelligence. In Brian H. Ross (Éd.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. Volume 52, p. 265‑297). Academic Press. Consulté à l'adresse http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079742110520073

Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence, 32*(2), 175‑191. doi:10.1016/j.intell.2003.12.001

Helander, M. G., Landauer, T. K., & Prabhu, P. V. (1997). *Handbook of Human-Computer Interaction*. Elsevier.

Herder, E., & Juvina, I. (2004). Discovery of Individual User Navigation Styles. In *Workshop on Individual Differences in Adative Hypermedis at AH 2004* (p. 40‑49). Eindhoven: Birkbeck College. Consulté à l'adresse http://eprints.eemcs.utwente.nl/6758/

Hollan, J. D., Hutchins, E. L., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 7*, 174‑196. doi:10.1145/353485.353487

Hutchins, E. (1996). Cognition in the Wild (New edition edition.). Cambridge, Mass.: A Bradford Book.

Hutchins, E. L. (2001). Distributed cognition. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Éd.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (p. 2068‑2072). Amsterdam: Elsevier Press.

Kim, H., & Hirtle, S. C. (1995). Spatial metaphors and disorientation in hypertext browsing. *Behaviour & Information Technology*, *14*, 239‑250.

Kozhevnikov, M., Motes, M. A., Rasch, B., & Blajenkova, O. (2006). Perspective-taking vs. mental rotation transformations and how they predict spatial navigation performance. *Applied Cognitive Psychology*, *20*(3), 397‑417. doi:10.1002/acp.1192

Lakoff, G. (1990). The Invariance Hypothesis: is abstract reason based on image-schemas? *Cognitive Linguistics (includes Cognitive Linguistic Bibliography)*, *1*(1), 39–74. doi:10.1515/cogl.1990.1.1.39

Lakoff, G., & Johnson, M. (1985). *Les métaphores dans la vie quotidienne* (Les Editions de Minuit.). Paris, France.

Lautrey, J. (2003). La psychologie différentielle à l'épreuve de la variabilité intraindividuelle. In *Psychologie différentielle – recherches et réflexions* (PUR., p. (pp. 9‑28)). Rennes: A. Vom Hofe, H. Charvin, J.-L. Bernaud, & D. Guédon.

Lazonder, A. W., Biemans, H. J. A., & Wopereis, I. G. J. H. (2000). Differences between novice and experienced users in searching information on the World Wide Web. *Journal of the American Society for Information Science*, *51*(6), 576‑581. doi:10.1002/(SICI)1097-4571(2000)51:6<576::AID-ASI9>3.0.CO;2-7

Leutenegger, F., & Madelon, S.-R. (2002). *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation*. De Boeck Supérieur.

Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (1980). *Traitement de l'information et comportement humain: une introduction à la psychologie*. Éd. Études vivantes.

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Paris: MIT Press.

Maglio, P. P., & Barrett, R. (1997). On the Trail of Information Searchers. In *Proceedings of the Nineteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates Inc. Consulté à l'adresse http://citeseer.ist.psu.edu/134365.html

Maglio, P. P., & Matlock, T. (1998). Metaphors we surf the web by. In *Workshop on Personalized and Social Navigation in Information Space*. Consulté à l'adresse http://citeseer.ist.psu.edu/maglio98metaphors.html

Marchionini, G. (1997). Information-seeking: perspective and framework. In *Information Seeking in Electronic Environments* (p. 27‑60). Cambridge University Press.

Marchionini, G. (1999). Educating responsible citizens in the information society. *Educational Technology*, *2*(39), 17‑26.

Maurel, D. (2010). Sense-making : un modèle de construction de la réalité et d'appréhension de l'information par les individus et les groupes. *Études de communication. langages, information, médiations*, (35), 31‑46. doi:10.4000/edc.2306

Mazzarella, E., Hamilton, A., Trojano, L., Mastromauro, B., & Conson, M. (2012). Observation of another's action but not eye gaze triggers allocentric visual perspective. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(12), 2447‑2460. doi:10.1080/17470218.2012.697905

McDonald, S., & Stevenson, R. J. (1998a). Effects of Text Structure and Prior Knowledge of the Learner on Navigation in Hypertext. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *40*(1), 18‑27. doi:10.1518/001872098779480541

McDonald, S., & Stevenson, R. J. (1998b). Navigation in hyperspace: An evaluation of the effects of navigational tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext. *Interacting with Computers*, *10*(2), 129‑142. doi:10.1016/S0953-5438(98)00017-4

McDonald, T. P., & Pellegrino, J. W. (1993). Psychological perspectives on spatial cognition. In T. Gärling & R. G. Golledge (Éd.), *Behavior and environment. Psychological and Geographical Approaches* (p. 47‑82). Amsterdam - New York: North Holland.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81‑97. doi:10.1037/h0043158

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex « Frontal Lobe » Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49‑100. doi:10.1006/cogp.1999.0734

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 621‑640. doi:10.1037/0096-3445.130.4.621

Moeser, S. D. (1988). Cognitive Mapping in a Complex Building. *Environment and Behavior*, *20*(1), 21‑49.

Neisser, U. (1976). *Cognition and reality. Principles and implications of cognitive psychology*. San Francisco: W. H. Freeman and Co.

Nelson, T. H. (1965). Complex Information Processing: A File Structure for the Complex, the Changing and the Indeterminate. In *Proceedings of the 1965 20th National Conference* (p. 84–100). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/800197.806036

Nilsson, R. M., & Mayer, R. E. (2002). The effects of graphic organizers giving cues to the structure of a hypertext document on users navigation strategies and performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, *57*, 1‑26.

Norman, D. A. (1992). Design principles for cognitive artifacts. *Research in Engineering Design*, *4*(1), 43‑50. doi:10.1007/BF02032391

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, *38*(1), 1‑4. doi:10.1207/S15326985EP3801_1

Padovani, S., & Lansdale, M. (2003). Balancing search and retrieval in hypertext: context-specific trade-offs in navigational tool use. *International Journal of Human-Computer Studies*, *58*(1), 125‑149.

Pazzaglia, F., Toso, C., & Cacciamani, S. (2008). The specific involvement of verbal and visuospatial working memory in hypermedia learning. *British Journal of Educational Technology*, *39*(1), 110‑124. doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00741.x

Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage*. Paris: Flammarion.

Pilgrim, C. J. (2007a). The influence of spatial ability on the use of web sitemaps. In *Proceedings of the 19th Australasian conference on Computer-Human Interaction: Entertaining User Interfaces* (p. 77‑82). Adelaide, Australia: ACM. doi:10.1145/1324892.1324906

Pilgrim, C. J. (2007b). The influence of spatial Ability on the use of web sitemaps, 77‑82.

Pirolli, P., & Card, S. (1999). Information foraging. *Psychological Review*, *106*(4), 643‑675. doi:10.1037/0033-295X.106.4.643

Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de psychologie normale et pathologique*, (2), 133‑145.

Reuchlin, M. (2001). *La psychologie différentielle* (Édition : Nouv. éd. entièrement ref.). Paris: Presses Universitaires de France - PUF.

Rouet, J.-F., Favart, M., Britt, M. A., & Perfetti, C. A. (1997). Studying and Using Multiple Documents in History: Effects of Discipline Expertise. *Cognition and Instruction*, *15*(1), 85‑106. doi:10.1207/s1532690xci1501_3

Rouet, J.-F., & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte: vers un modèle des processus cognitifs. In *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques* (Hermès., p. 57‑74). Paris.

Rouet, J.-F., Vörös, Z., & Pléh, C. (2012). Incidental learning of links during navigation: the role of visuo-spatial capacity. *Behaviour & Information Technology*, *31*(1), 71‑81. doi:10.1080/0144929X.2011.604103

Roulin, J. L., & Monnier, C. (1994). À la recherche du calepin visuo-spatial en mémoire de travail. *L'année psychologique*, *94*(3), 425‑460. doi:10.3406/psy.1994.28776

Rumelhart, D., & Norman, D. (1995). Les représentations mentales. In *La psychologie* (Larousse.). Paris.

Scott, B. M., & Schwartz, N. H. (2007). Navigational spatial displays: The role of metacognition as cognitive load. *Learning and Instruction*, *17*(1), 89‑105.

Seagull, F. J., & Walker, N. (1992). The effects of hierarchical structure and visualization ability on computerized information retrieval. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *4*(4), 369‑385. doi:10.1080/10447319209526049

Sedig, K., Rowhani, S., & Liang, H.-N. (2005). Designing interfaces that support formation of cognitive maps of transitional processes: an empirical study. *Interacting with Computers*, *17*(4), 419‑452.

Siegel, A. W., & White, S. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In *Advances in child development and behavior* (Academic Press., p. 9‑55). New York.

Smith, P. A. (1996). Towards a practical measure of hypertext usability. *Interacting with Computers*, *8*(4), 365‑381. doi:10.1016/S0953-5438(97)83779-4

Stadtler, M., & Bromme, R. (2007). Dealing with multiple documents on the WWW: The role of metacognition in the formation of documents models. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *2*(2-3), 191‑210. doi:10.1007/s11412-007-9015-3

Stanney, K. M., & Salvendy, G. (1995). Information visualization; assisting low spatial individuals with information access tasks through the use of visual mediators. *Ergonomics*, *38*(6), 1184‑1198. doi:10.1080/00140139508925181

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257‑285. doi:10.1207/s15516709cog1202_4

Tauscher, L. S., & Greenbergerg, S. (1997). How people revisit web pages: empirical findings and implications for the design of history systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, *47*(1), 97‑137. doi:10.1006/ijhc.1997.0125

Taylor, H. A., & Tversky, B. (1992). Spatial mental models derived from survey and route descriptions. *Journal of Memory and Language*, *31*(2), 261‑292.

Torkzadeh, G., & Van Dyke, T. P. (2002). Effects of training on Internet self-efficacy and computer user attitudes. *Computers in Human Behavior*, *18*(5), 479‑494. doi:10.1016/S0747-5632(02)00010-9

Tricot, A. (1993). Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia (p. 115‑122). Présenté à Recherches pour l'Ergonomie, Toulouse.

Tricot, A. (1998). Charge cognitive et apprentissage. Une présentation des travaux de John Sweller. *Revue de Psychologie de l'Education*, 37‑64.

Tversky, B. (2001). Structures of Mental Spaces. *IN PROCEEDINGS. 3 RD INTERNATIONAL SPACE SYMPOSIUM. ATLANTA*, *35*, 66‑80.

Tversky, B. (2003). Structures Of Mental Spaces: How People Think About Space. *Environment and Behavior*, *35*(1), 66‑80.

Tversky, B. (2005). Functional Significance of Visuospatial Representations. In *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (Cambridge University Press.). New-York: Cambridge University Press.

Vicente, K. J., Hayes, B. C., & Williges, R. C. (1987). Assaying and Isolating Individual Differences in Searching a Hierarchical File System. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *29*(3), 349‑359. doi:10.1177/001872088702900308

Vérillon, P. (2008). Analyse de l'ouvrage Hutchins E. (1995). Cognition in the wild. Cambridge: MIT Press, 381 p. Activités, 5(2), 92‑96.

Vörös, Z., Rouet, J.-F., & Plèh, C. (2008). Content maps help low spatial capacity users memorize link structures in hypertext. In *Proceedings of the Workshop on Cognition and the Web 2008* (p. 185‑192). Granada: Universidad de Granada.

Wardrip-Fruin, N. (2004). What Hypertext is. In *Proceedings of the Fifteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia* (p. 126–127). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/1012807.1012844

Zhang, H., & Salvendy, G. (2001). The Implications of Visualization Ability and Structure Preview Design for Web Information Search Tasks. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *13*(1), 75‑95. doi:10.1207/S15327590IJHC1301_5

Annexes

Annexe 1 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement hypermédia

Tableau 1 : Association du comportement de navigation sémantique avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Navigation systématique	Navigation sémantique	Retourner au début	Outil de navigation	Clic sur ce qu'on ne connaît pas	Représentation de la structure par apprentissage secondaire	Représentation de la structure par apprentissage primaire	Représentation de la structure de l'information au sein de la page	Onglet-back	P-C-R	Scroll
Ad.	Ad.	M.	La.	Em.	S.	La.	O.	M.	Max.	S.
Co.	Co.	Li.	Li.	Max.	Co.	T.	V.	O.		
Li.	Li.	V.	Max.	S.	Em.		T.	P.		
N.	N.	Co.	O.	Ad.				V.		
S.	S.			N.				Ad.		
Em.	Em.			V.				T.		
M.	M.									
O.	O.									
T.	T.									
La.	La.									
Max.	Max.									
P.	P.									
V.	V.									

Tableau 2 : Association du comportement qui consiste à utiliser un outil de navigation avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Outil(s) de navigation	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**onglet/back**	**P-C-R**	**Scroll**
A.	Ma.	A.	La.	O.	O.	J.	J.
La.		Ma.		D.		Max.	
Li.						D.	
Ma.						Je.	
O.							
D.							
Je.							
J.							
Max.							

Tableau 3: Association du comportement qui consiste à retourner au début avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Retourner au début	**Navigation sémantique**	**Navigation systématique**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'il ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**onlet/back**	**P-C-R**	**Scroll**
An.	An.	M.	Li.	V.	An.	/	V.	M.	/	An.
M.	Ma.	Li.			Co.			V.		
Li.	Li.	V.								
V.	V.	Co.								
Co.	Co.									

Tableau 4: Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'environnement construite par apprentissage secondaire avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Représentation de la structure par apprentissage secondaire	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**onglet/back**	**P-C-R**	**Scroll**
S.	/	St.	/	/	S.
Ma.					An.
C.					
An.					
A.					
St.					
Co.					
Em.					

Tableau 5 : Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'environnement construite par apprentissage primaire avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Représentation de la structure par apprentissage primaire	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**onglet/back**	**P-C-R**	**Scroll**
La.	T.	T.	/	/
T.				
E.				
B.				

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à utiliser une représentation mentale de l'organisation de l'information au sein de la page avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Représentation de la structure de l'information au sein de la page	**onglet/back**	**P-C-R**	**Scroll**
O.	O.	/	/
St.	V.		
V.	T.		
D.			
T.			

Tableau 7: Association du comportement « exploration/onglet versus systématique/back » avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

Onglet/back	**P-C-R**	**Scroll**
M.	/	/
O.		
P.		
V.		
Ad.		
T.		

Tableau 8: Association du comportement « Plan-Cible-Route » avec les autres comportements observés dans l'environnement hypermédia :

P-C-R	**Scroll**
J.	J.
Max.	
D.	
Je.	

Annexe 2 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement physique

Tableau 1 : Association du comportement qui consiste à interpréter les panneaux avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui réinterprètent les panneaux	**Ceux qui n'arrivent pas à réinterpréter les panneaux**	**Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils ont une représentation mentale**	**Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils sont mal à l'aise avec le plan/préfèrent d'autres indices directionnels**	**Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure**	**Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent**	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**La ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématique**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
J.	/	La.	Max.	La.	J.	L.	St.	Max.	N.	La.	/	/
L.				N.	La.		J.	St.		L.		
La.							L.			St.		
Max.												
N.												
St.												

Tableau 2 : Association du comportement qui consiste à ne pas réinterpréter les panneaux avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui n'arrivent pas à réinterpréter les panneaux	**Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils ont une représentation mentale**	**Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils sont mal à l'aise avec le plan/préfèrent d'autres indices directionnels**	**Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure**	**Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent**	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**Ceux qui veulent localiser le point de repère plutôt que l'animal recherché (Ligne d'Arrêt)**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Ad.	A.	Ad.	Ad.	Ad.	/	Ad.	So.	Je.	A.	Em.	S.
A.	S.	S.		A.		S.		Li.	S.	S.	
Em.				Em.		A.		S.	Em.	E.	
Je.				Li.		T.			Je.	A.	
Li.				S.		Em.			Li.		
S.				T.		Li.					
T.											
E.											

Tableau 3 : Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan (parce que le sujet a une représentation mentale de l'environnement) avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils ont une représentation mentale	**Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils sont mal à l'aise avec le plan/préfèrent d'autres indices directionnels**	**Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure**	**Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent**	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**Ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
A.	S.	L.	A.	/	S.	S.	S.	B.	C.	S.
C.	B.		La.		A.			A.	S.	
La.			S.					S.	B.	
S.								La.	A.	
B.										

Tableau 4 : Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan (parce que le sujet préfère d'autres outils) avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils sont mal à l'aise avec le plan/préfèrent d'autres indices directionnels	**Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure**	**Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent**	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**La ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Ad.	Ad.	Ad.	/	Ad.	S.	S.	B.	P.	P.
Max.		P.		S.	Max.		S.	B.	S.
P.		S.						S.	
S.									
B.									

Tableau 5 : Association du comportement qui consiste à s'orienter par rapport à l'infrastructure avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure	**Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent**	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**Ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Ad.	Ad.	M.	Ad.	C.	N.	Co.	/	/
C.	La.		M.		Co.	La.		
M.								
La.								
N.								

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à prendre un chemin déjà emprunté avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent	**Ceux qui veulent voir autre chose**	**Ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Ad.	/	Ad.	O.	An.	Em.	Em.	Ma.
An.		An.	S.	Je.	Je.	So.	P.
A.		A.		Li.	La.	V.	S.
Em.		T.		S.	Li.	A.	An.
Je.		Em.		V.	A.	P.	
J.		J.			S.	O.	
La.		Li.			O.		
Li		Ma.					
Ma.		O.					
O.		S.					
P.		V.					
S.							
T.							
V.							

Tableau 7: Association du comportement qui consiste à prendre un nouvel itinéraire avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui veulent voir autre chose	**Ligne d'arrêt**	**Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas**	**Ceux qui veulent être systématiques**	**Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement**	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
L.	L.	/	/	L.	/	/
M.	M.					

Tableau 8: Association du comportement de « la ligne d'arrêt » avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ligne d'arrêt	Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas	Ceux qui veulent être systématiques	Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement	Estimation survey correcte mais pas de route	Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan
Ad.	O.	An.	Em.	Em.	Ma.
An.	S.	V.	L.	A.	S.
A.	St.	Li.	Li.	S.	An.
T.		S.	S.	V.	
Em.			A.	O.	
J.			S.		
L			O.		
Li.					
Ma.					
M.					
O.					
S.					
V.					
St.					

Tableau 9: Association du comportement qui consiste à aller voir les animaux inconnus avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui choisissent ce qu'ils ne connaissent pas	Ceux qui veulent être systématiques	Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement	Estimation survey correcte mais pas de route	Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan
Co.	S.	Co.	O.	S.
Max.	Co.	St.	S.	
O.		S.		
S.		O.		
St.				

Tableau 10: Association du comportement de navigation systématique avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui veulent être systématiques	Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement	Estimation survey correcte mais pas de route	Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan
An.	Co.	S.	S.
Co.	Je.	V.	An.
Je.	Li.		
Li.	S.		
S.			
N.			
V.			

Tableau 11: Association du comportement qui consiste à faire concorder le plan avec l'environnement avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement	**Estimation survey correcte mais pas de route**	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Co.	Em.	S.
D.	O.	
Em.	S.	
Je.	B.	
La.	A.	
L.		
Li.		
St.		
B.		
A.		
S.		
O.		

Tableau 12: Association du comportement d'avoir une estimation *survey* correcte mais pas représentation *route*, de l'environnement avec les autres comportements observés dans l'environnement physique

Estimation survey correcte mais pas de route	**Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan**
Em.	P.
C.	S.
S.	
V.	
B.	
E.	
A.	
P.	
O.	

Annexes 3 : Tableaux d'associations des comportements de navigation au sein de l'environnement physique avec ceux observés dans l'environnement hypermédia

Tableau 1 : Association du comportement qui consiste à réinterpréter les panneaux (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui réinterprètent les panneaux	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
J.	J.	N.	/	La.	Max.	St.	La.	St.	/	J.	J.
St.	St.	La.		J.	N.					Max.	
L.	L.	Max.		Max.							
La.	La.										
Max.	Max.										
N.	N.										

Tableau 2: Association du comportement qui consiste à ne pas réinterpréter les panneaux (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui n'arrivent pas à réinterpréter les panneaux	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Ad.	Ad.	Ad.	L.	A.	Em.	S.	T.	T.	Ad.	Je.	S.
E.	E.	Li.		L.	S.	A.	E.		T.		
A.	A.	S.		Je.	Ad.						
T.	T.	Em.									
S.	S.	T.									
Em.	Em.										
Je.	Je.										
Li.	Li.										

Tableau 3: Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan car le participant a une représentation mentale de l'environnement (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils ont une représentation mentale	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
A.	A.	La.	/	A.	S.	S.	La.	/	/	/	S.
C.	C.	S.		La.		C.					
La.	La.					A.					
S.	S.										
B.	B.										

Tableau 4: Association du comportement qui consiste à ne pas consulter le plan car le participant préfère d'autres outils (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui ne consultent pas le plan Parce qu'ils sont mal à l'aise avec le plan/préfèrent d'autres	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Ad.	Ad.	Ad.	/	/	Max	S.	/	/	P.	Max.	S.
Max.	Max.	S.			S.				Ad.		
P.	P.	P.			Ad.						
S.	S.										
B.	B.										

Tableau 5: Association du comportement qui consiste à s'orienter par rapport à l'infrastructure (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui s'orientent par rapport à l'infrastructure	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Ad.	Ad.	Ad.	M.	La.	Ad.	Co.	La.	/	M.	/	/
La.	La.	La.	Co.		N.				Ad.		
Co.	Co.	Co.									
M.	M.	M.									
N.	N.	N.									

Tableau 6: Association du comportement qui consiste à prendre un chemin déjà emprunté (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui veulent prendre un chemin qu'ils connaissent	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Ad.	Ad.	Ad.	An.	A.	Em.	So.	La.	O.	O.	J.	J.
An.	An.	Li.	Li.	La.	S.	Ma.	T.	T.	P.	Je.	S.
A.	A.	S.	V.	Li.	Ma.	An.		V.	V.		An.
Em.	Em.	Em.		Ma.	Ad.	A.			Ad.		
Je.	Je.	O..		O.	V.	Em.			T.		
V.	V.	T.		Je.							
J.	J.	La.		J.							
La.	La.	P.									
T.	T.	V.									
Li.	Li.										
Ma.	Ma.										

Tableau 7: Association du comportement qui consiste à prendre un nouveau chemin (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui choisissent un nouveau parcours	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
L.	L.	/	M.	/	/	/	/	/	M.	/	/
M.	M.										

Tableau 8: Association du comportement de « la ligne d'arrêt » (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ligne d'arrêt	Navigation systématique	Navigation sémantique	Retourner au début	Outil de navigation	Clic sur ce qu'on ne connaît pas	Représentation de la structure par apprentissage secondaire	Représentation de la structure par apprentissage primaire	Représentation de la structure de l'information au coin de la page	Onglet-back	P-C-R	Scroll
Ad.	Ad.	Ad.	An.	A.	Em.	S.	T.	O.	M.	J.	J.
St.	St.	V.	M.	J.	V.	Ma.		St.	O.		S
An.	An.	Li.	Li.	Li.	S.	Em.		V.	Véro		
A.	A.	S.	V.	M.	Ma.	An.		T.	Ad.		
V.	V.	Em.		O.	Ad.	A.			T.		
Em.	Em.	M.				St.					
J.	J.	O.									
T.	T.	T.									
L.	L.										
Li.	Li.										
Ma.	Ma.										
M.	M.										
S.	S.										
O.	O.										

Tableau 9: Association du comportement qui consiste à aller voir les animaux qu'ils ne connaissent pas (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui choisissent d'aller vers les animaux qu'ils ne connaissent pas	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Co.	Co.	Co.	Co.	Max.	Max.	S.	/	O.	O.	Max.	S.
Max.	Max.	Max.		O.	S.	St.		St.			
O.	O.	O.				Co.					
S.	S.	S.									
St.	St.										

Tableau 10: Association du comportement de navigation systématique (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui veulent être systématiques	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
An.	An.	V.	An.	Je.	N.	S.	/	V.	V.	Je.	S.
Co.	Co.	Co.	Co.	Li.	V.	Co.					An.
Je.	Je	Li.	Li.		S.	An.					
Li.	L.	N.	V.								
S.	S.	S.									
N.	N.										
V.	V.										

Tableau 11: Association du comportement qui consiste à faire concorder le plan avec l'environnement (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

Ceux qui veulent faire concorder le plan et l'environnement	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Co.	Co.	Co.	Co.	A.	Em.	S.	La.	O.	O.	D.	S.
A.	A.	Li.	Li.	La.	S.	A.		St.		Je.	
D.	D.	S.		Li.		St.		D.			
S.	S.	Em.		D.		Co.					
O.	O.	O.		O.		Em.					
Em.	Em.	La.		Je.							
Je.	Je.										
B	B.										
La.	L.										
L.	L.										
Li.	Li.										
St.	St.										

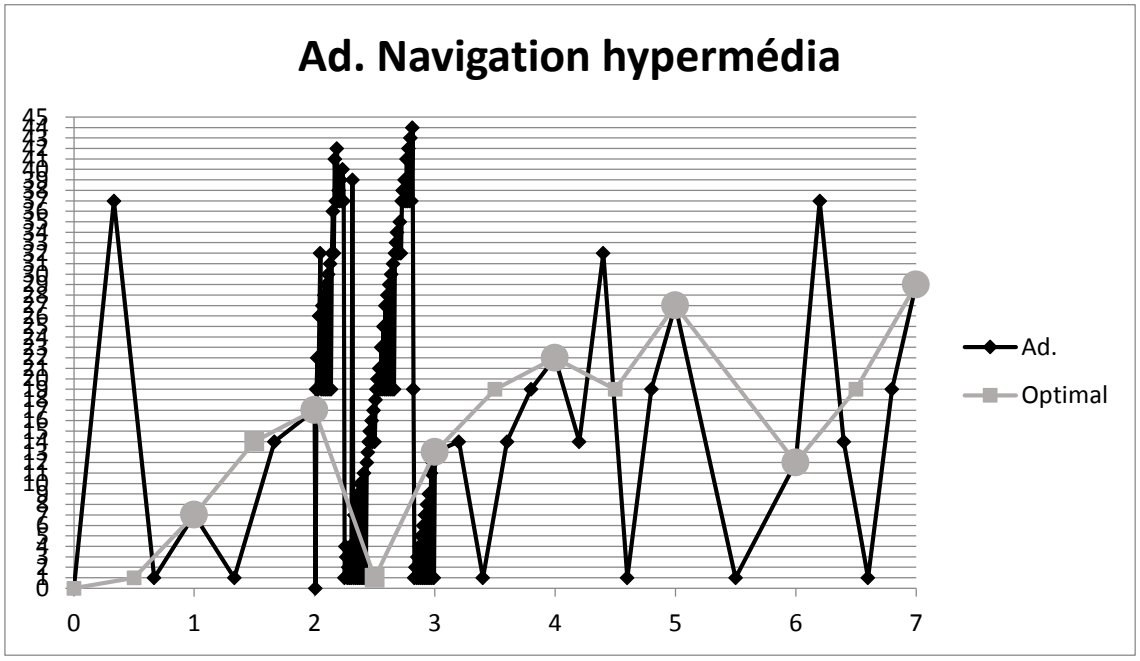
Tableau 12: Association du comportement qui consiste à avoir une estimation *survey* correct mais pas de représentation *route* (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

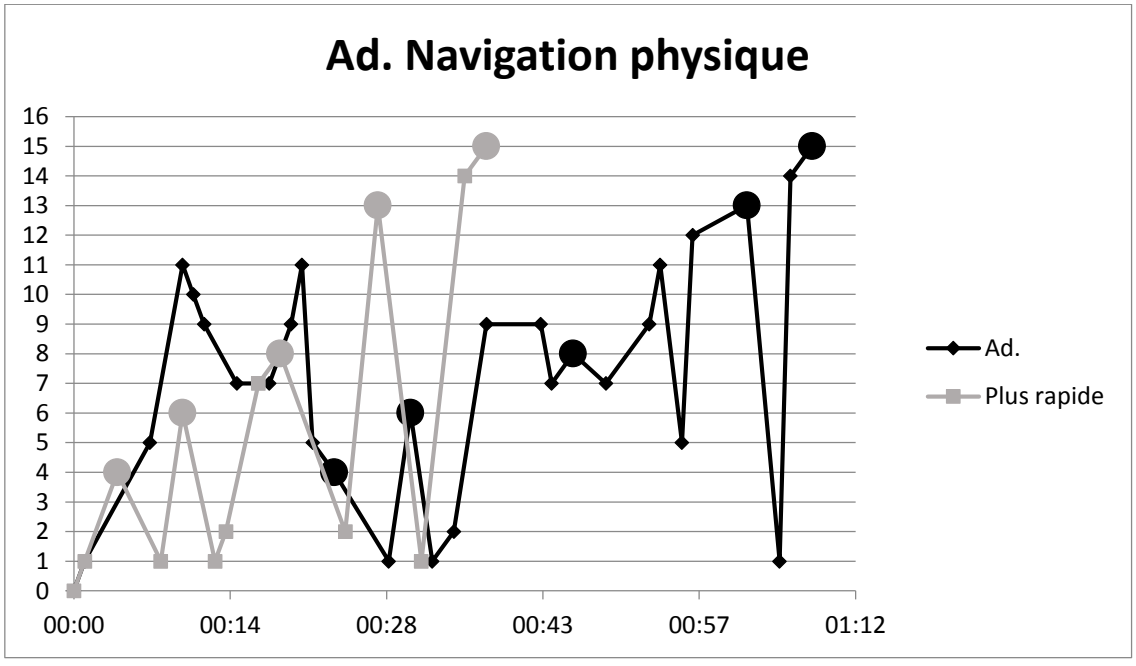
Estimation survey correcte mais pas de route	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Em.	Em.	Em.	V.	O.	Em.	S.	E.	O.	O.	/	S.
C.	C.	O.			S.	Em.	B.	V.	P.		
S.	S.	S.				C.			V.		
V.	V.	V.				A.			Ad.		
B.	B.	P.									
E.	E.										
A.	A.										
P.	P.										
O.	O.										

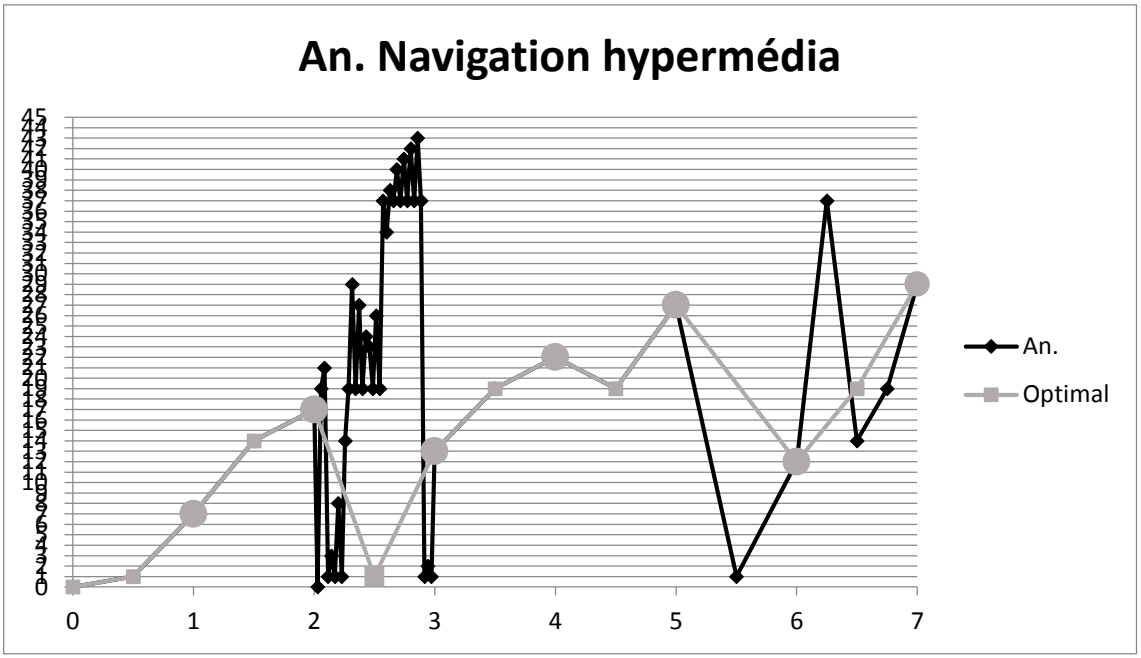
Tableau 13: Association du comportement qui consiste à consulter le plan bien que le participant sache par où aller (zoo) avec les comportements observés dans l'environnement hypermédia.

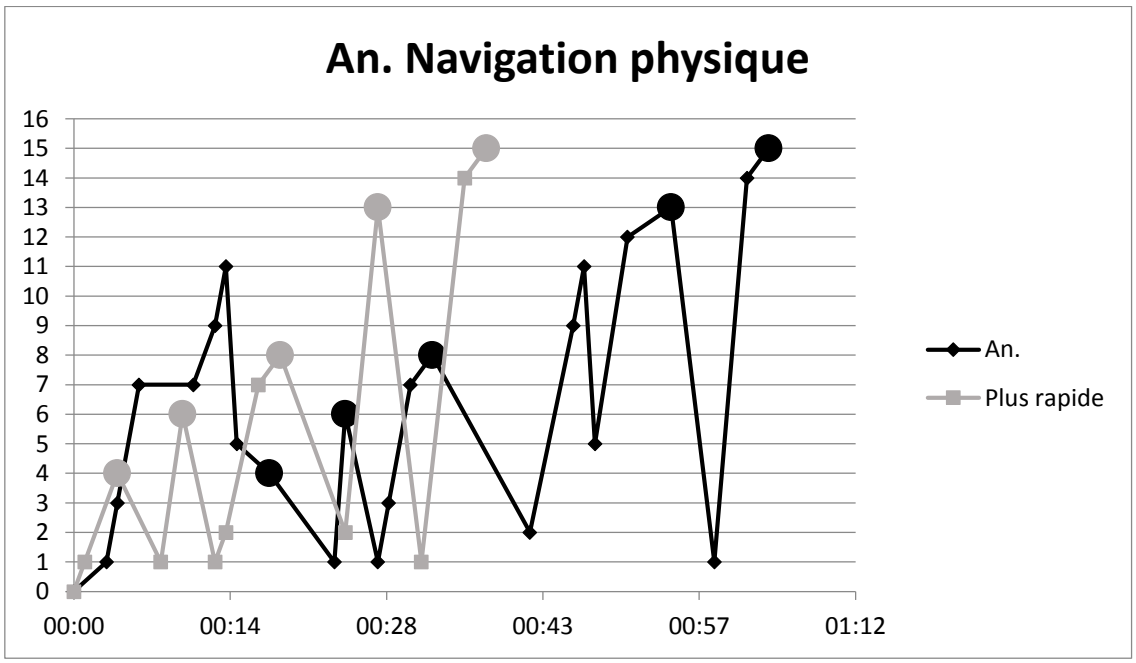
Ceux qui savent, mais qui regardent quand même le plan	**Navigation systématique**	**Navigation sémantique**	**Retourner au début**	**Outil de navigation**	**Clic sur ce qu'on ne connaît pas**	**Représentation de la structure par apprentissage secondaire**	**Représentation de la structure par apprentissage primaire**	**Représentation de la structure de l'information au sein de la page**	**Onglet-back**	**P-C-R**	**Scroll**
Ma.	Ma.	P.	An.	Ma.	S.	S.	/	/	P.	/	S.
P.	P.	S.			Ma.	Ma.					An.
S.	S.					An.					
An.	An.										

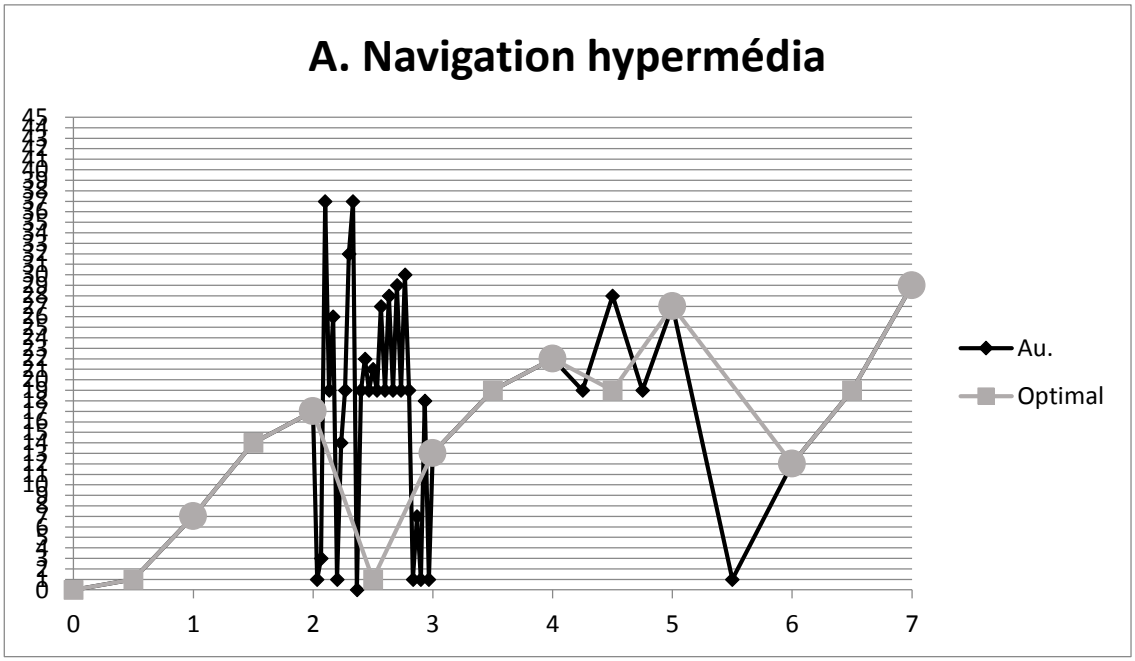
Annexes 4 : Représentations graphiques des parcours (hypermédias/physiques) de la première expérimentation

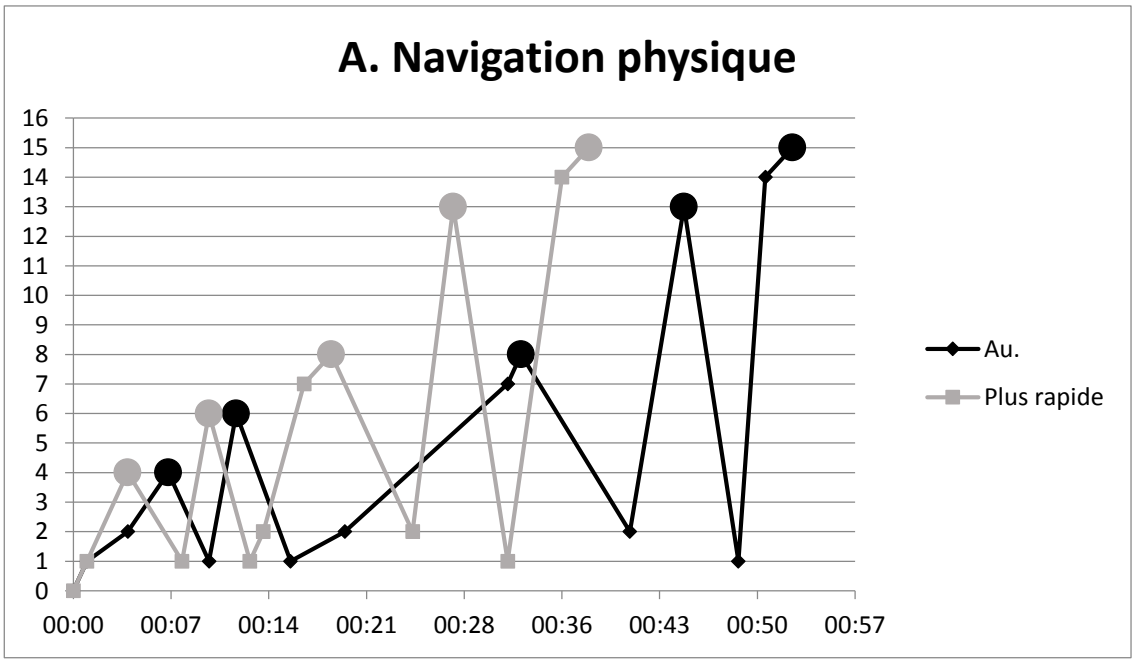


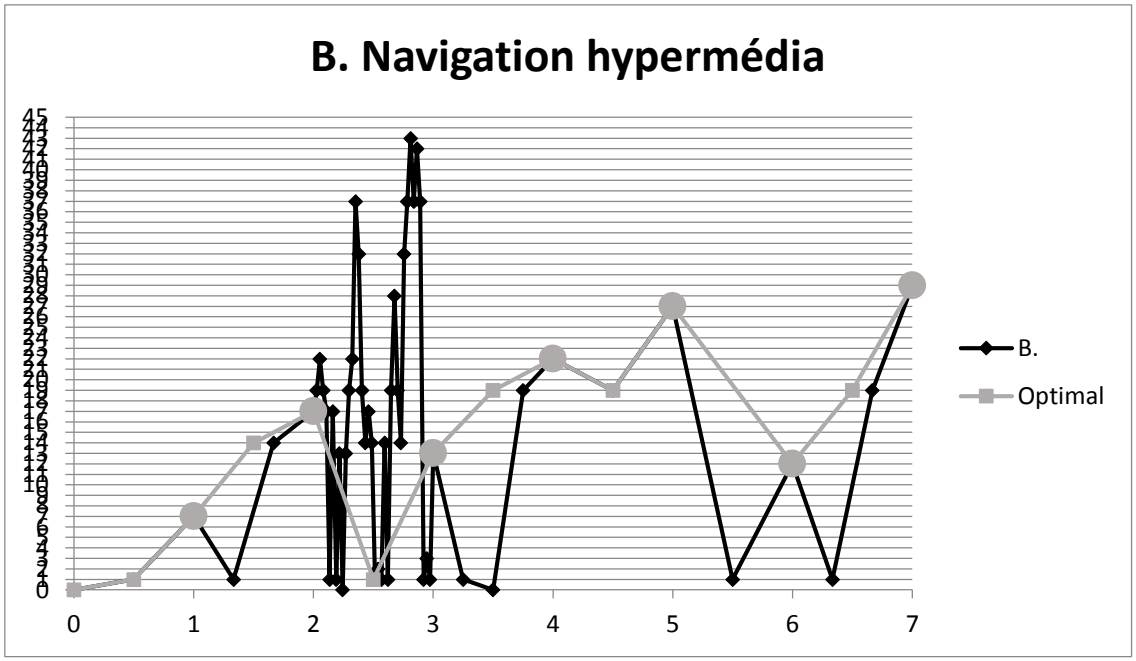


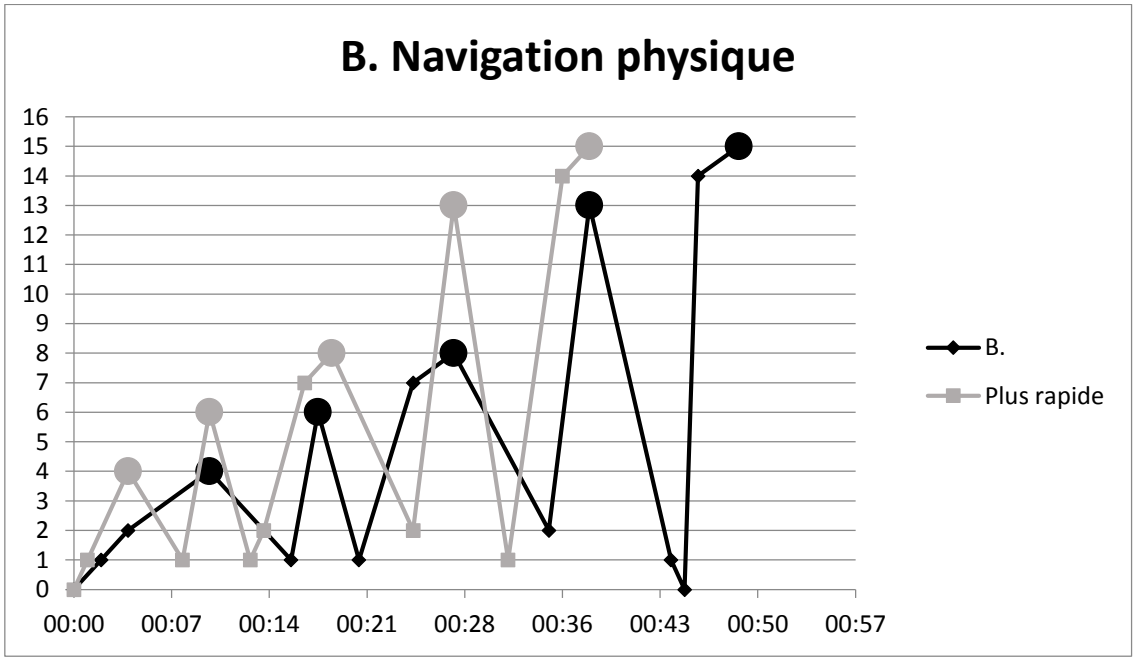

An. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
An.
Optimal

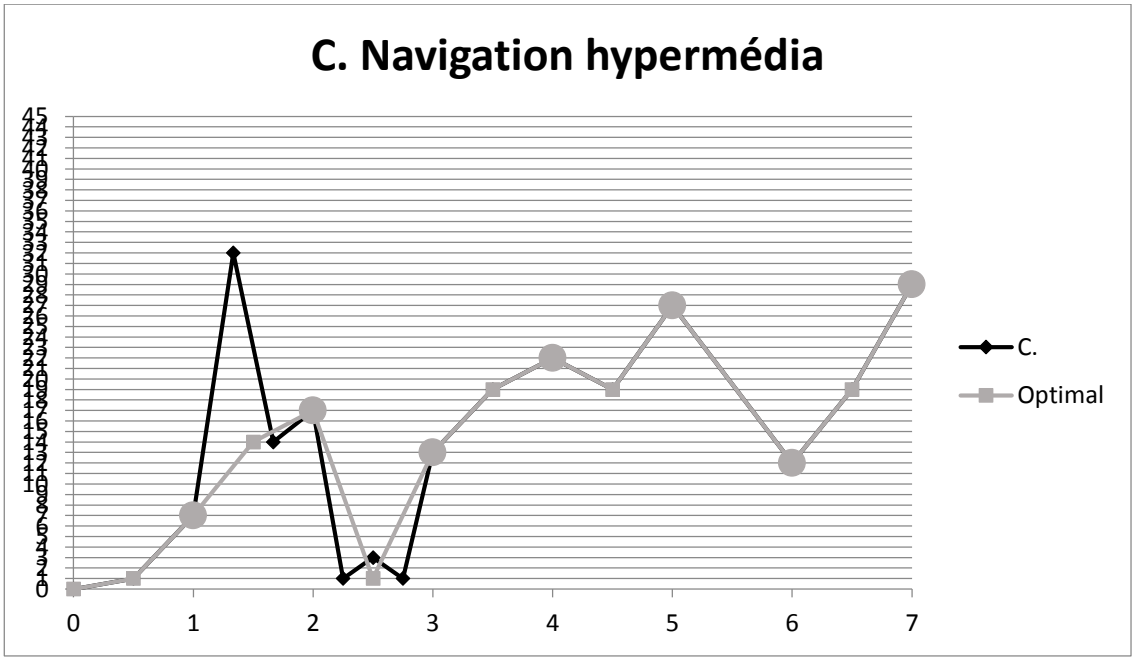

An. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
An.
Plus rapide

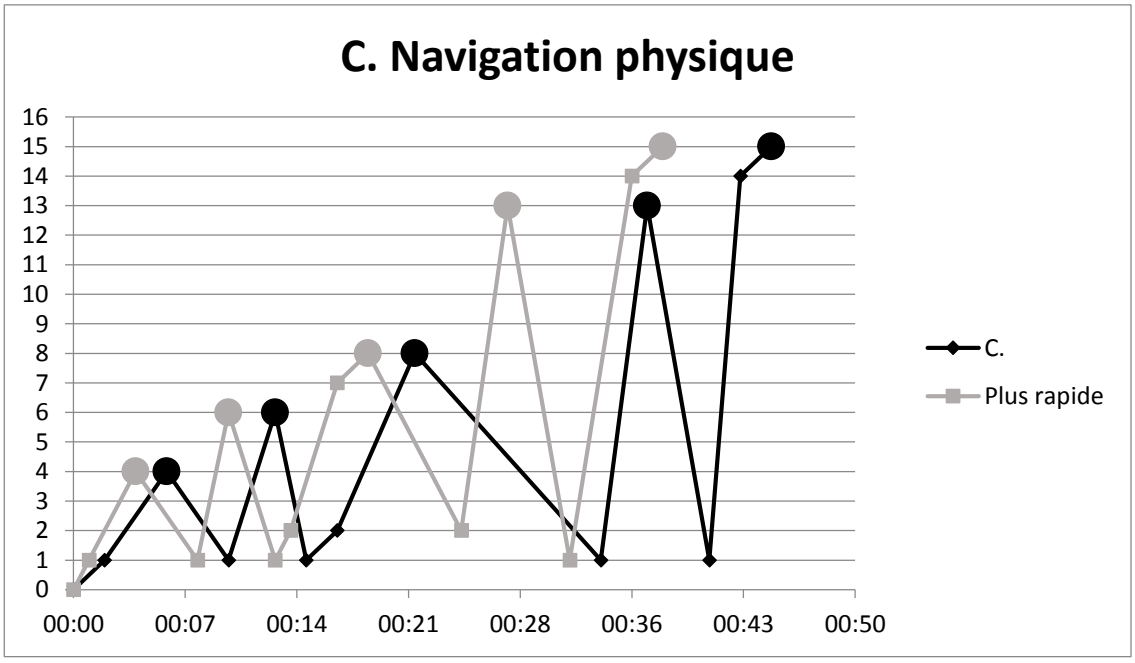

A. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Au.
Optimal

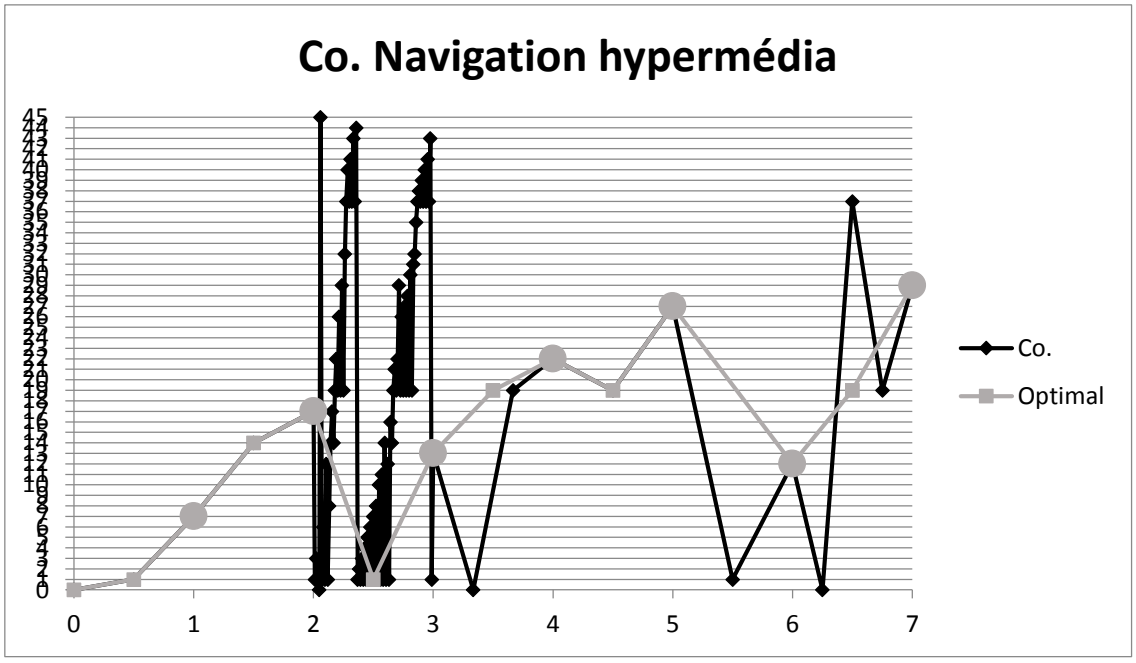

A. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
00:57
Au.
Plus rapide

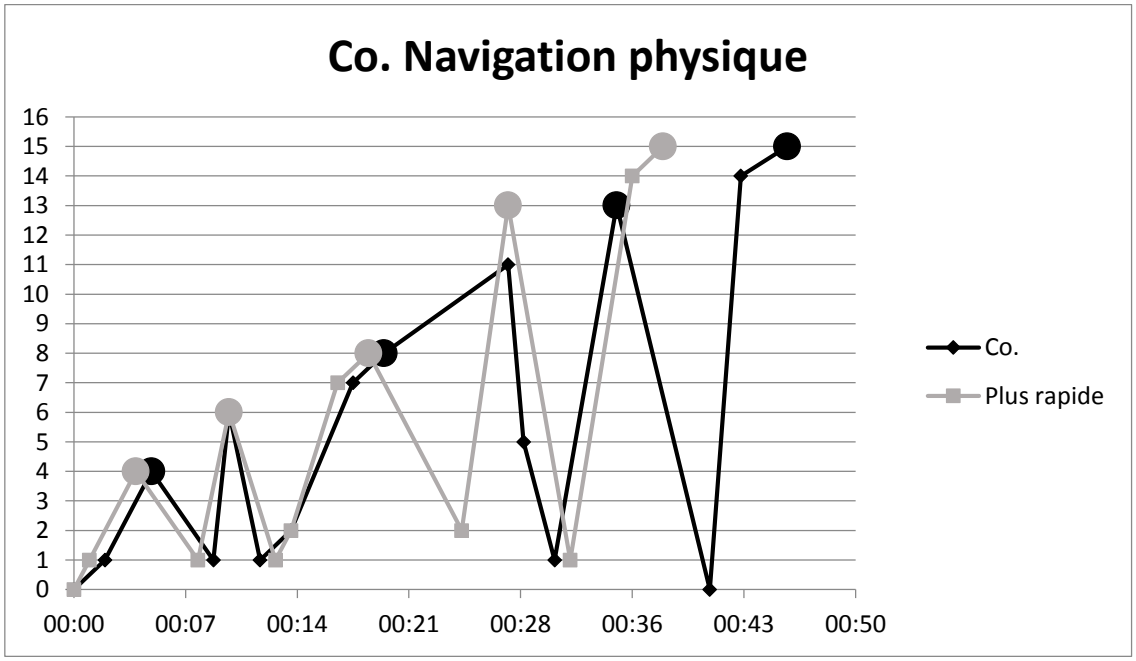

B. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
B.
Optimal

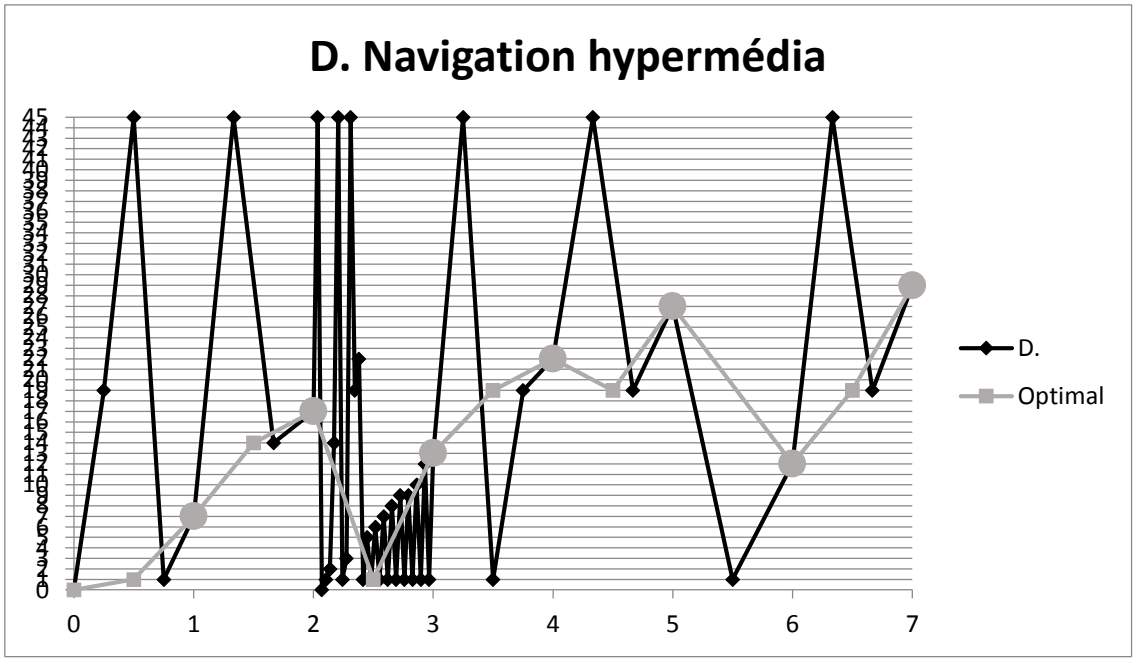

B. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
00:57
B.
Plus rapide

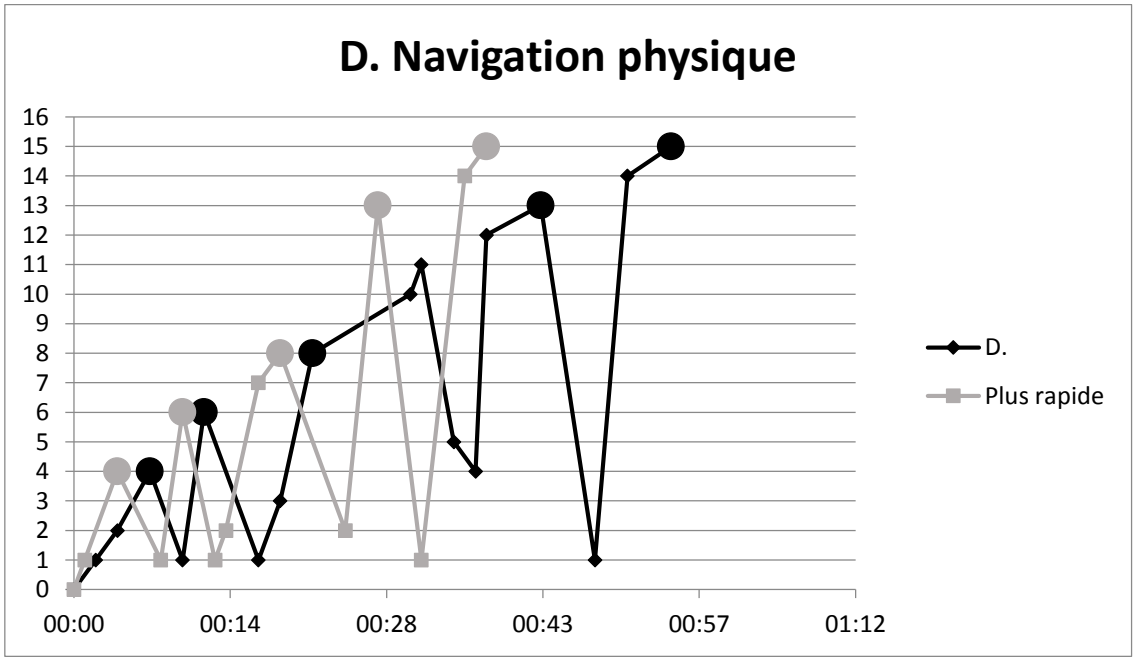

C. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
C.
Optimal

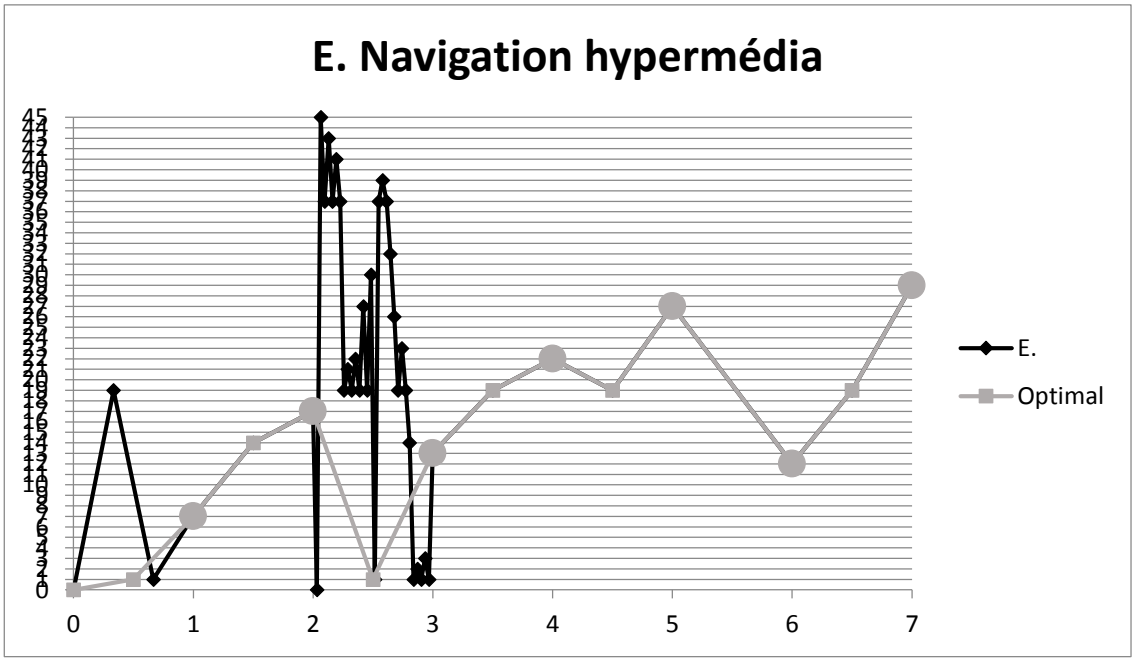

C. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
C.
Plus rapide

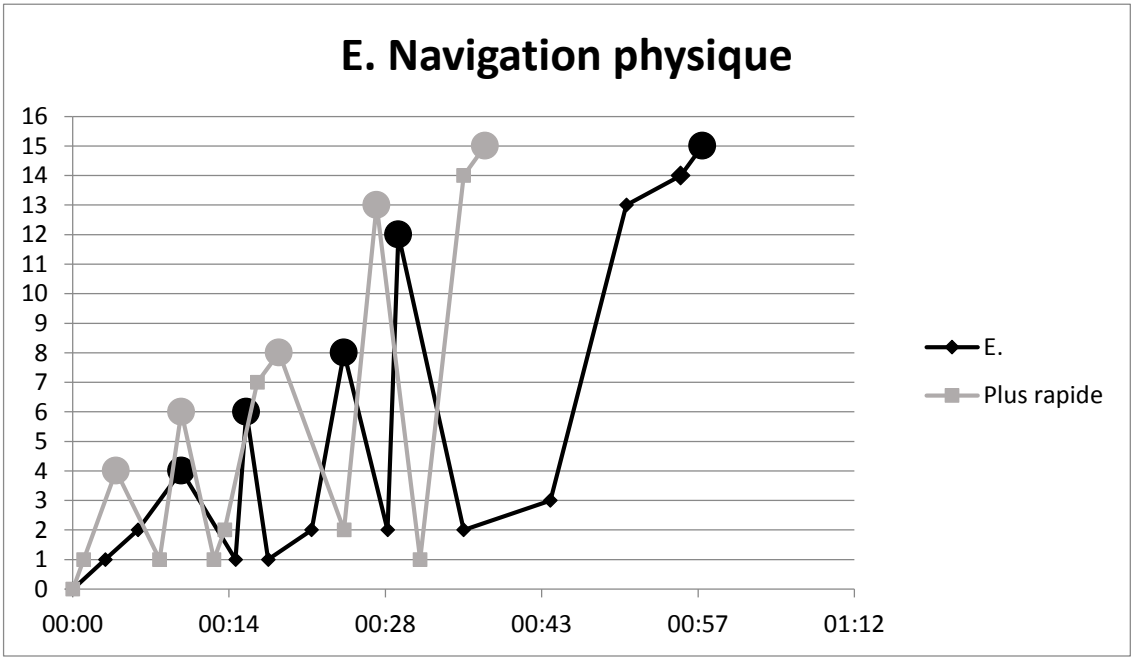

Co. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Co.
Optimal

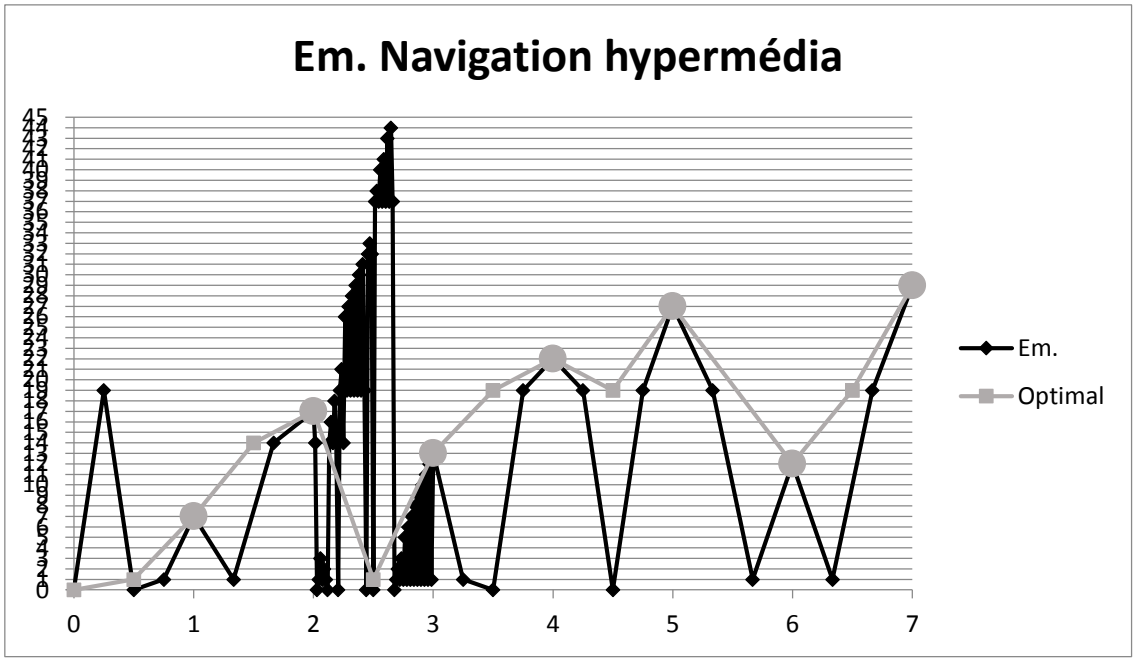

Co. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
Co.
Plus rapide

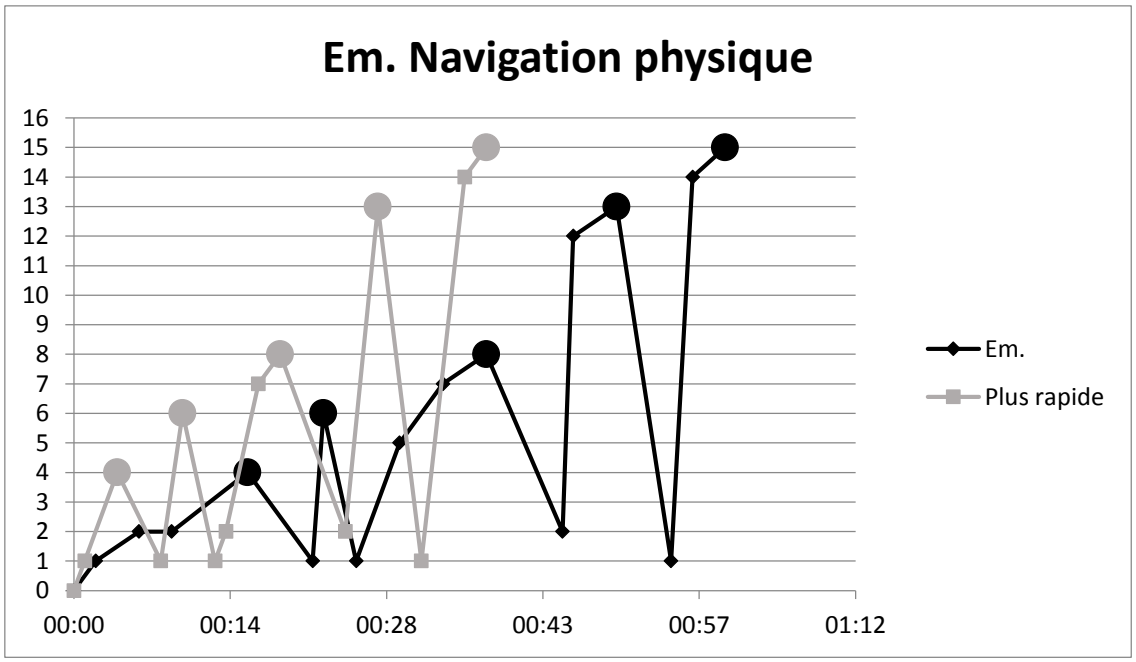

D. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
D.
Optimal

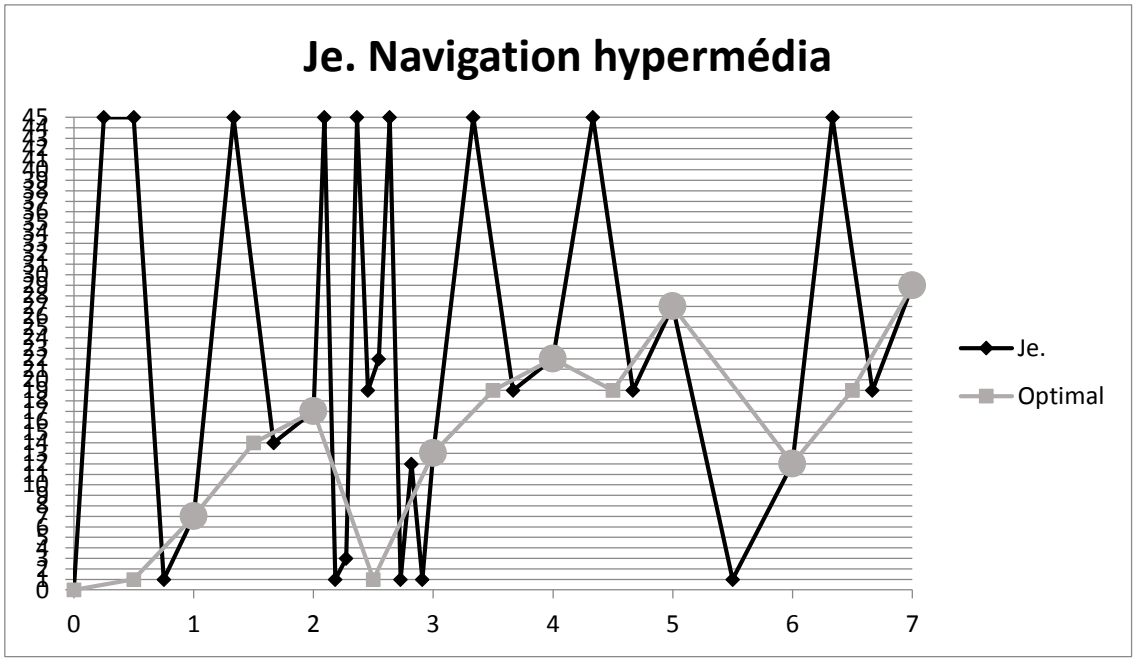

D. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
D.
Plus rapide

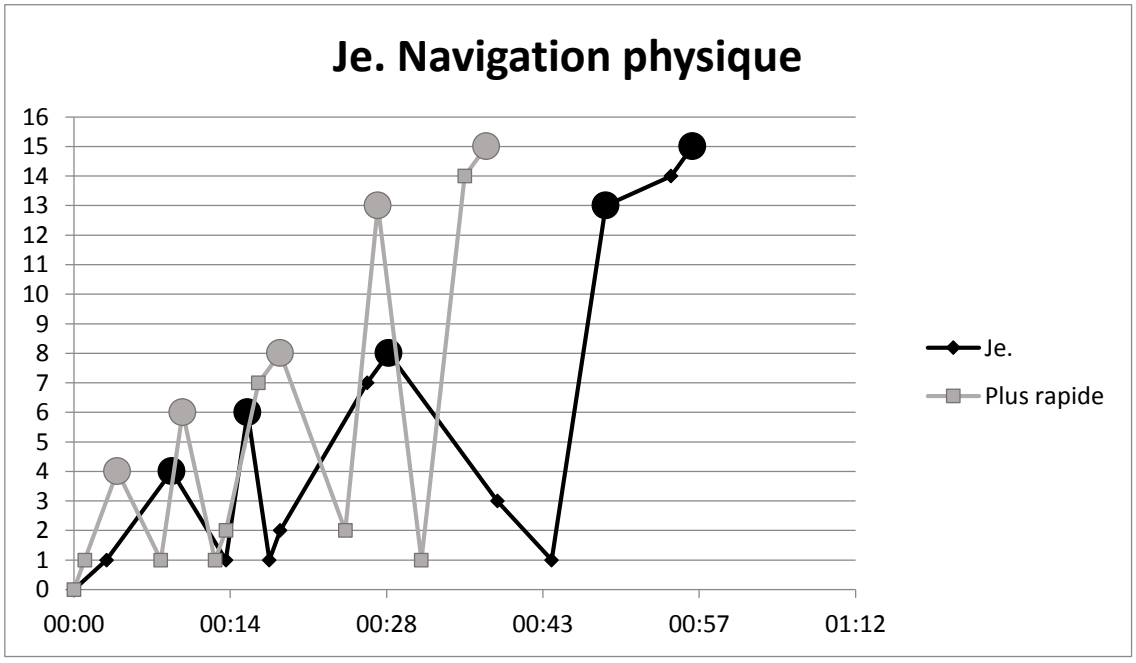

E. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
E.
Optimal

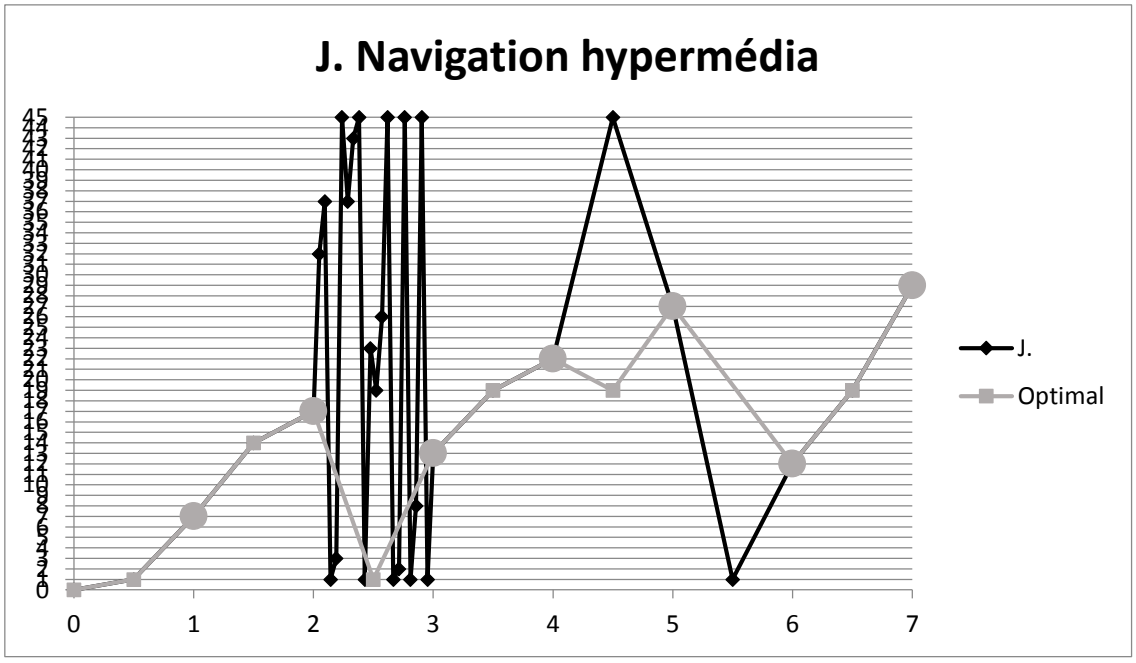

E. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
E.
Plus rapide

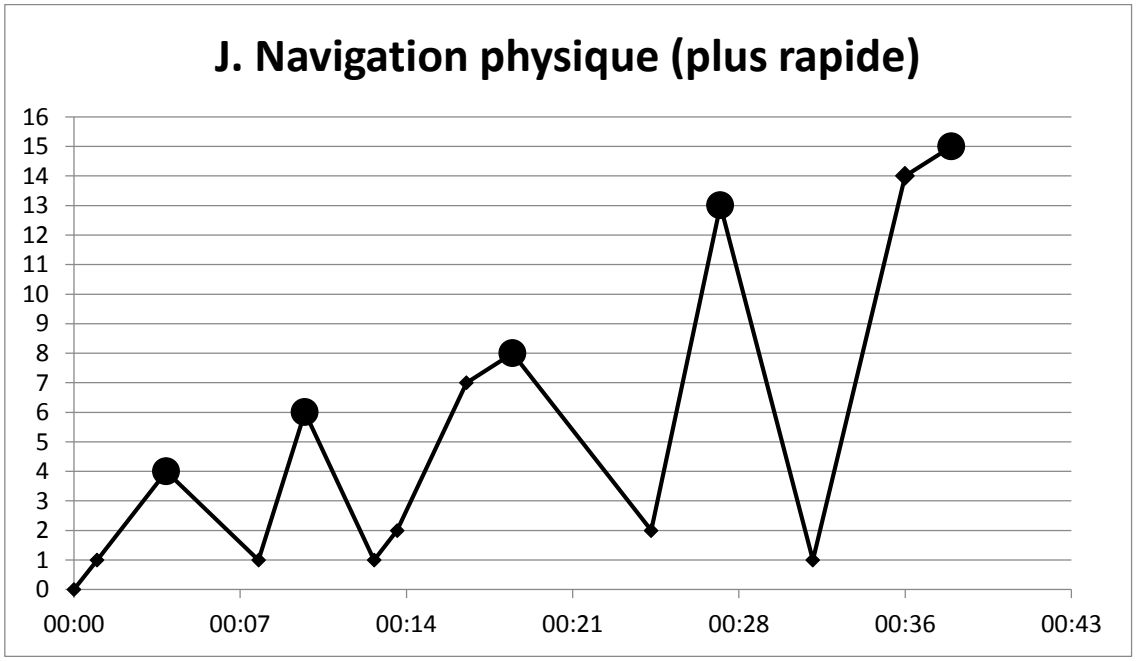

Em. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Em.
Optimal

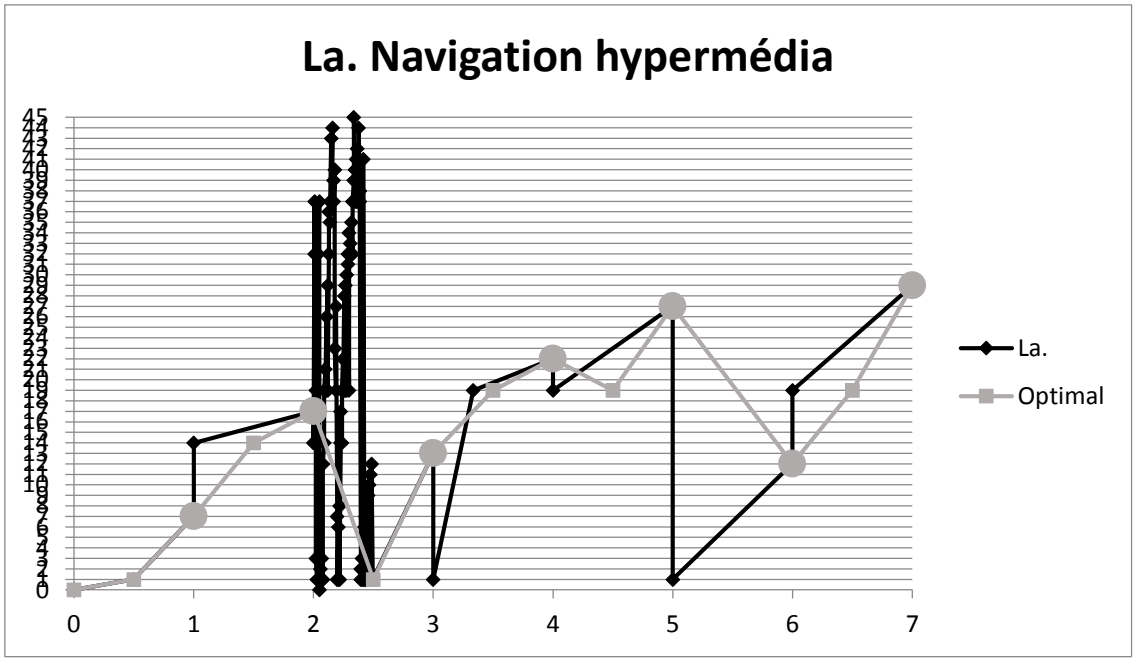

Em. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
Em.
Plus rapide

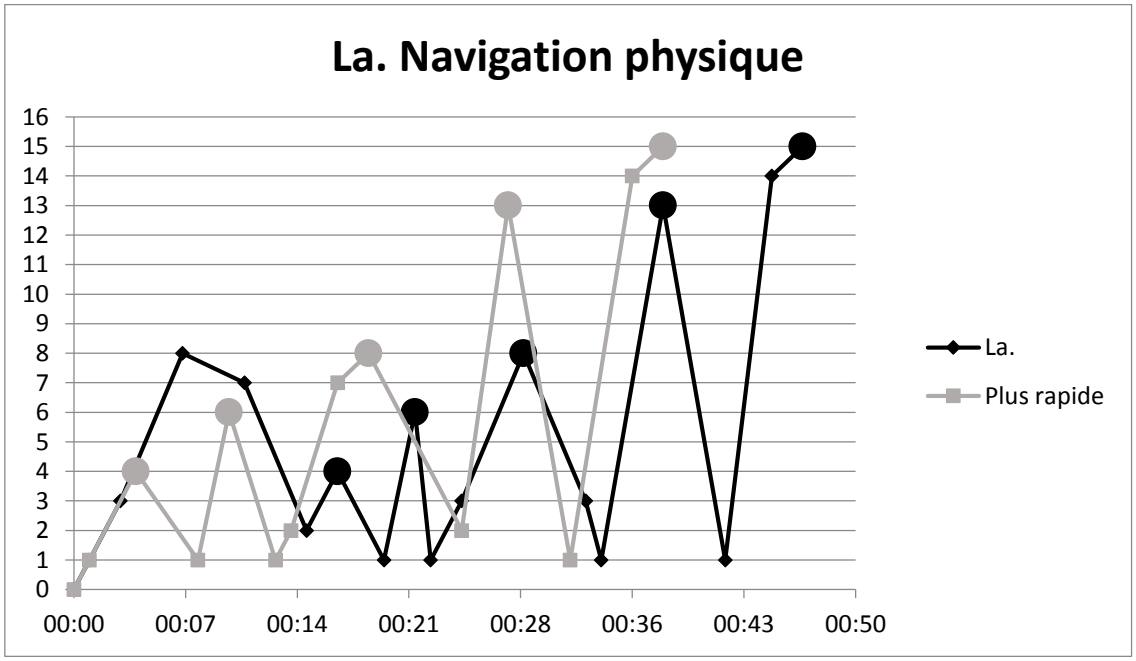

Je. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Je.
Optimal

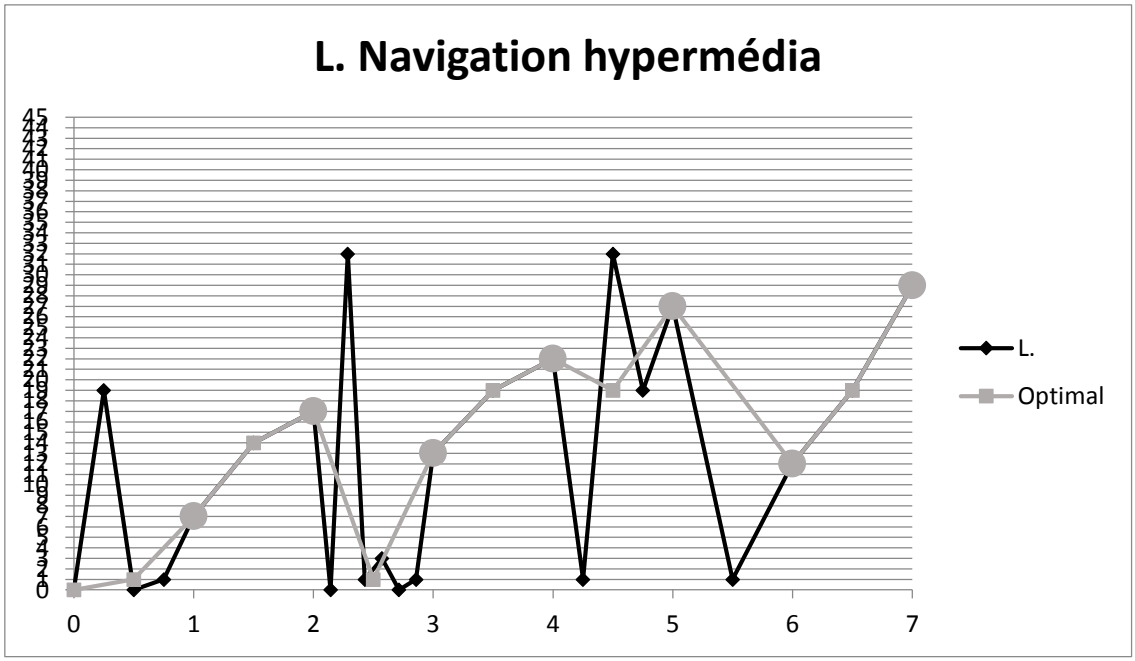

Je. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
Je.
Plus rapide

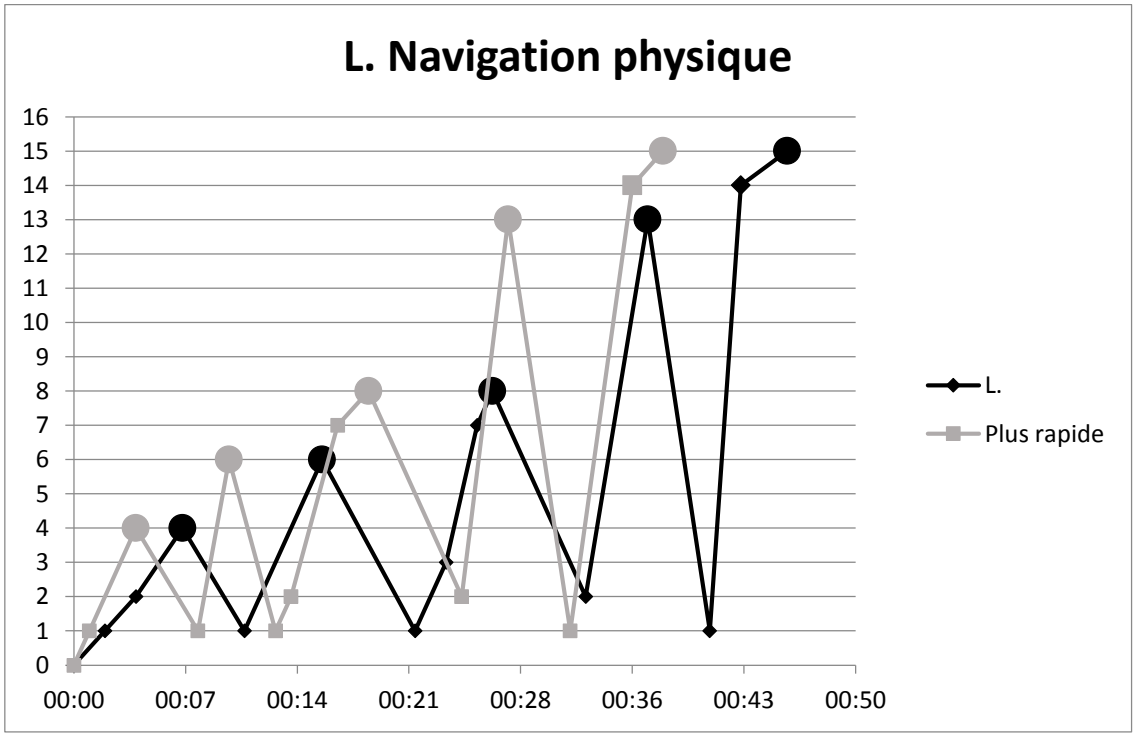

J. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
J.
Optimal

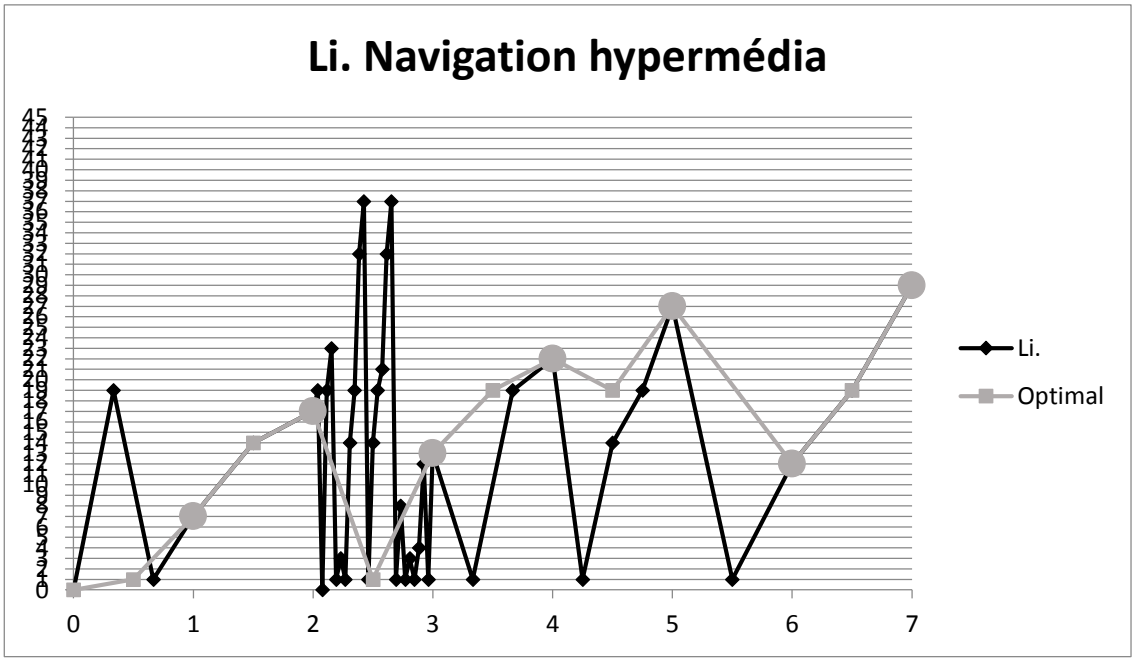

J. Navigation physique (plus rapide)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43

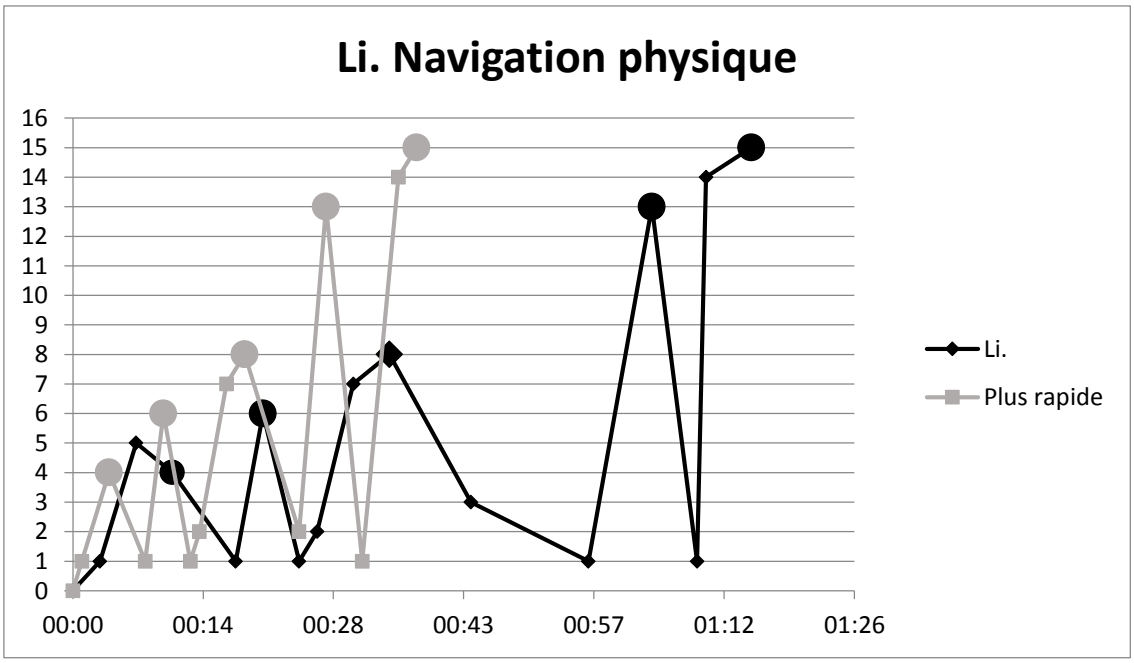

La. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
La.
Optimal

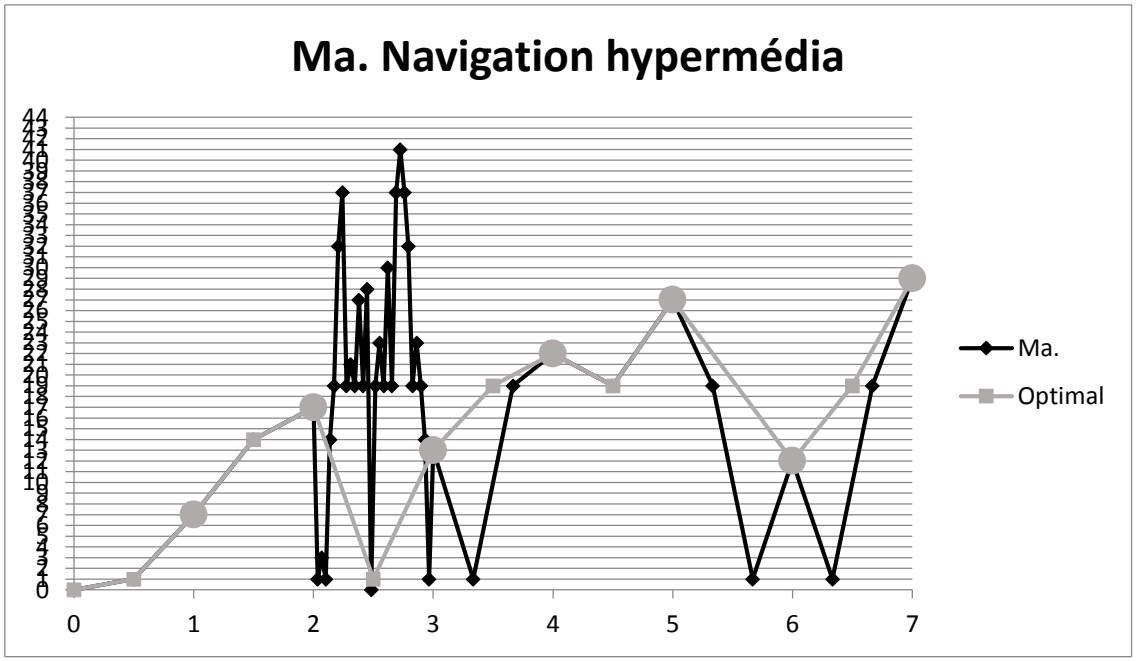

La. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
La.
Plus rapide

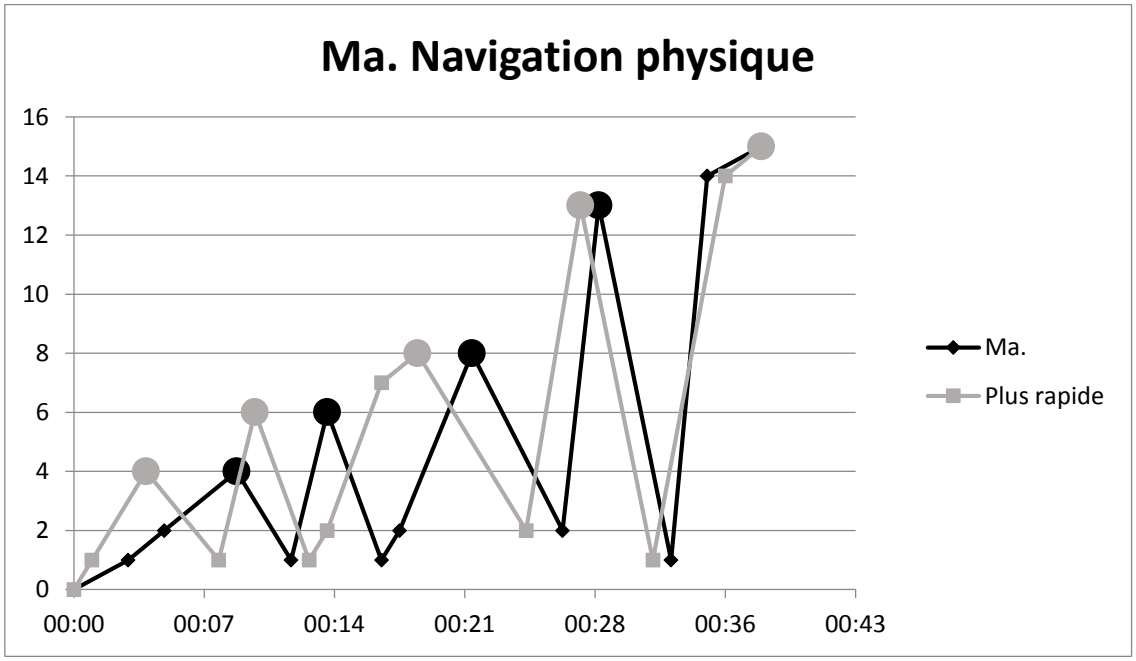

L. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
L.
Optimal

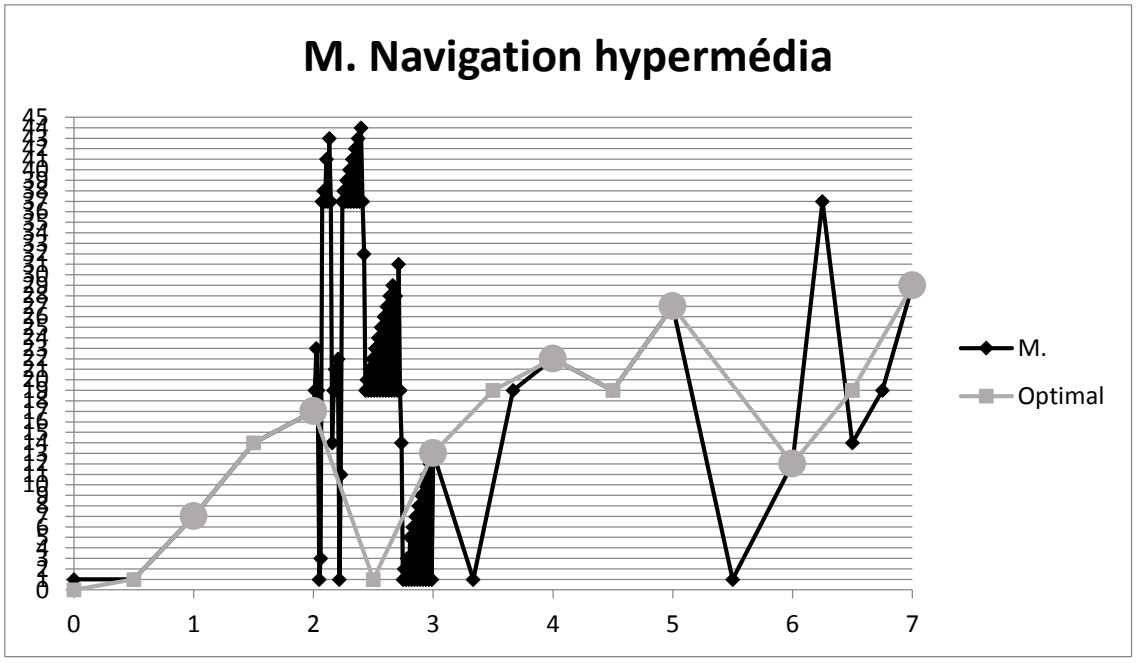

L. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
L.
Plus rapide

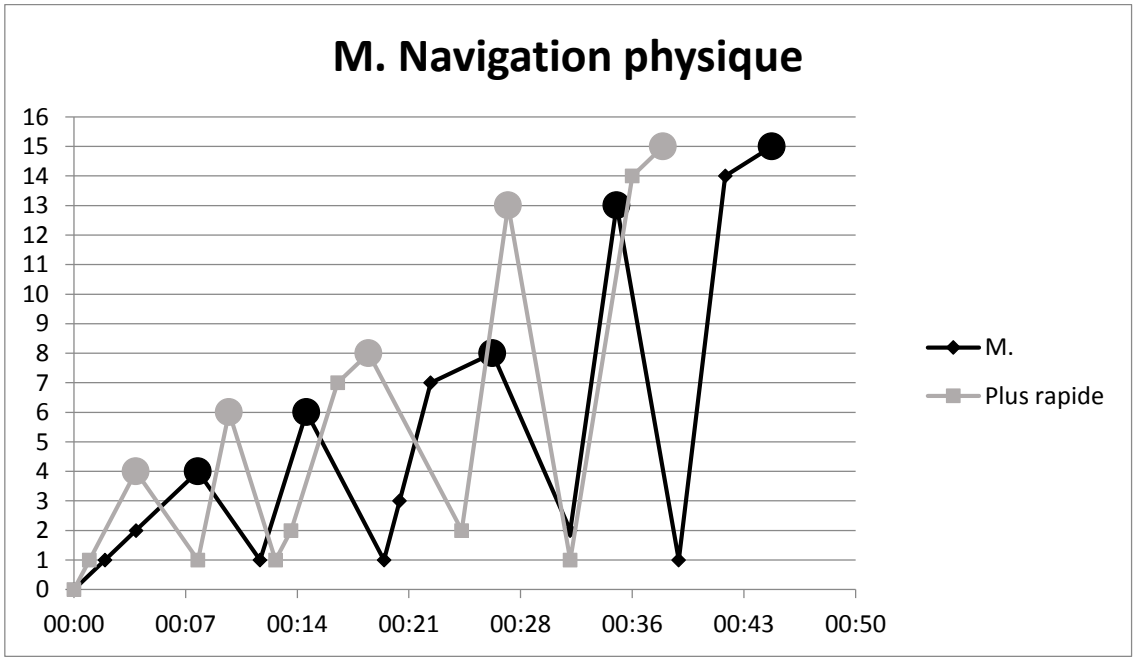

Li. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Li.
Optimal

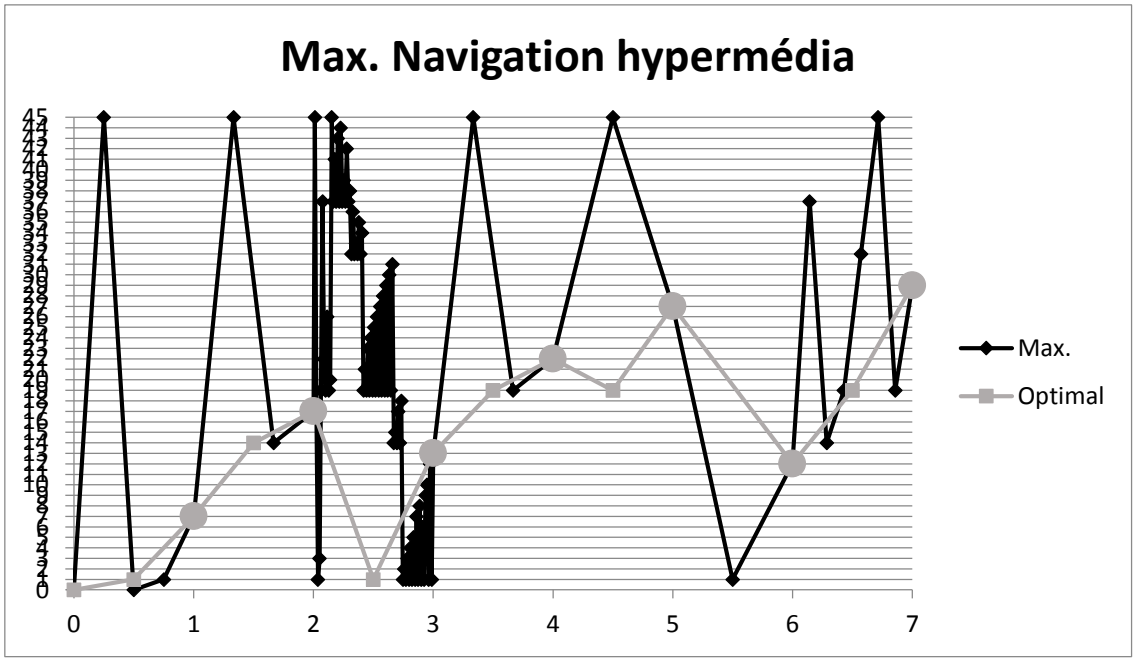

Li. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
01:26
Li.
Plus rapide

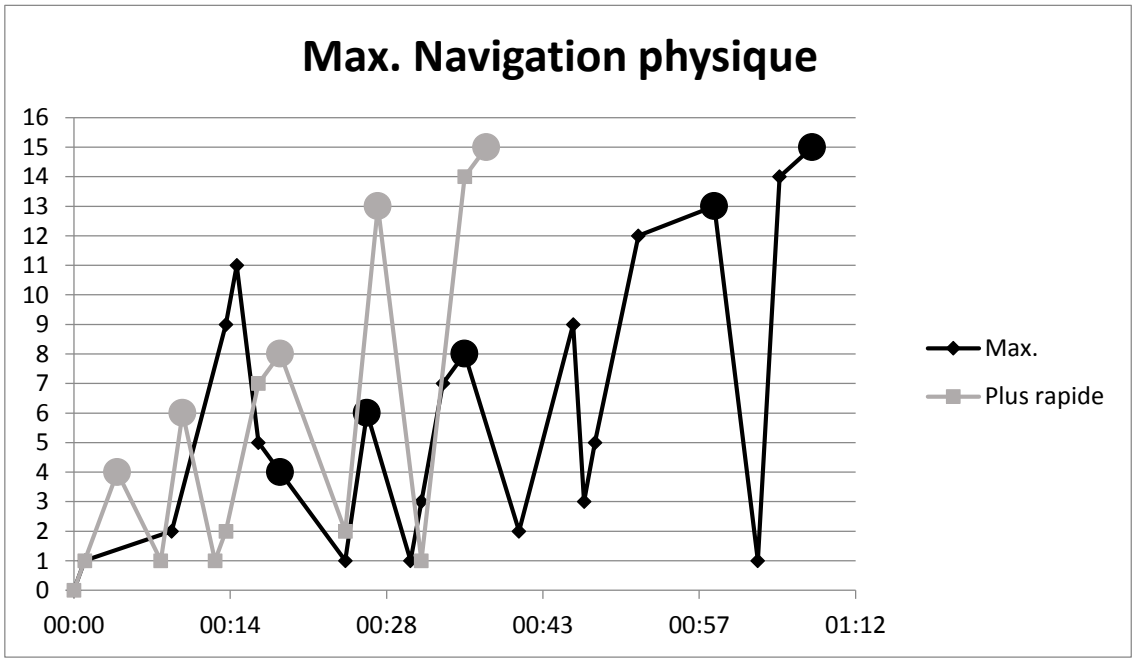

Ma. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Ma.
Optimal

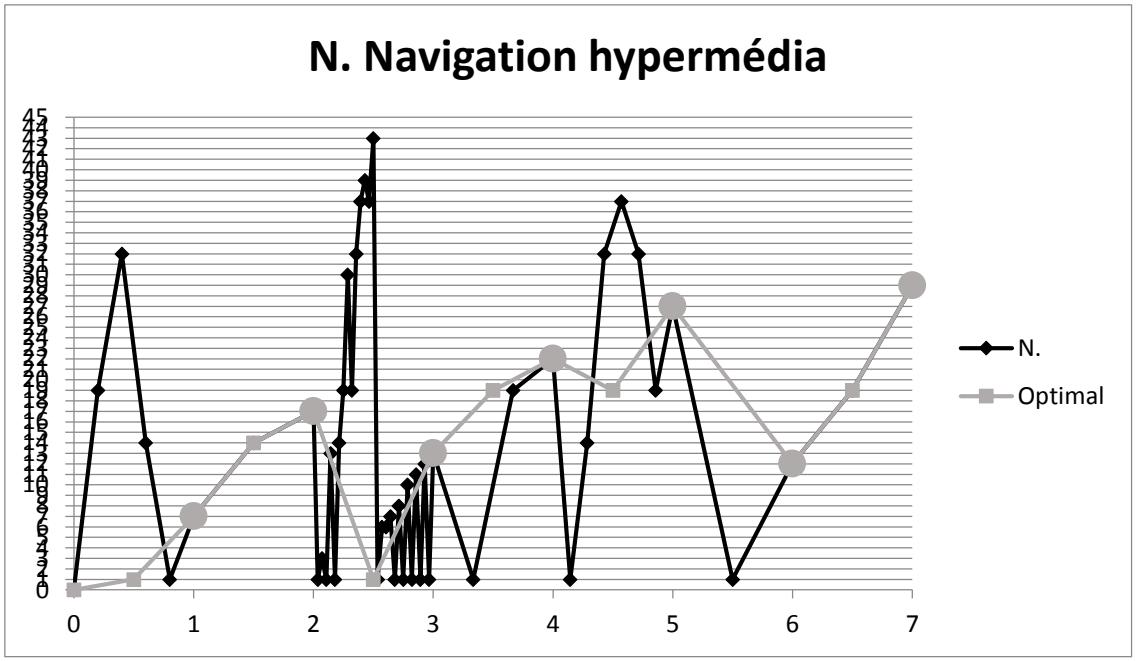

Ma. Navigation physique
0
2
4
6
8
10
12
14
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
Ma.
Plus rapide

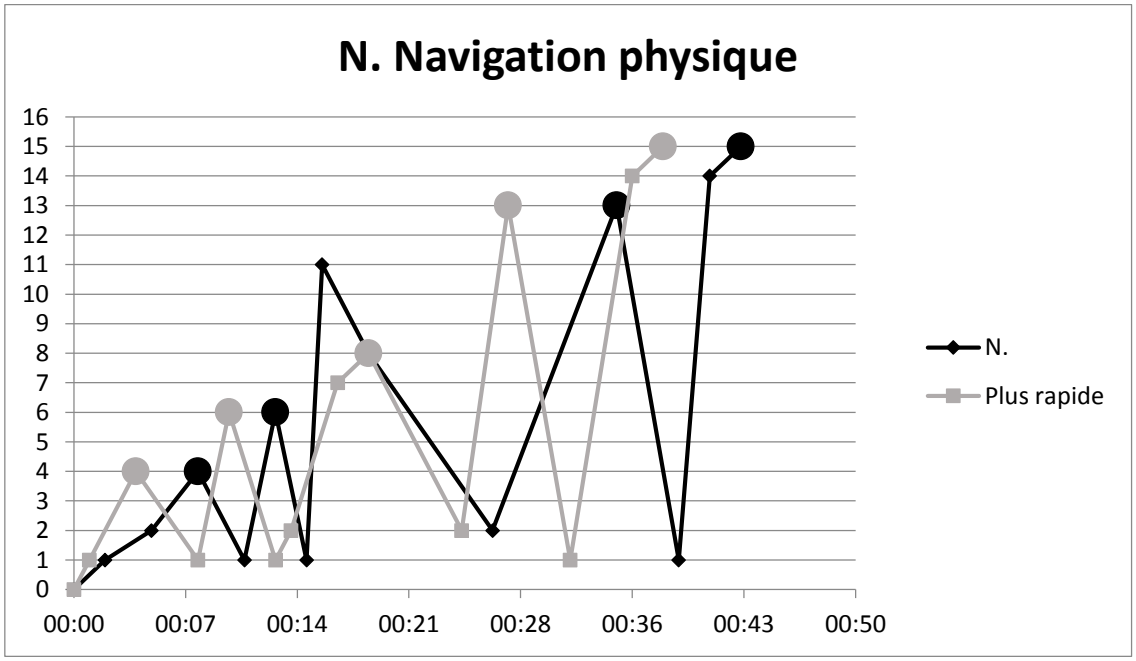

M. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
M.
Optimal

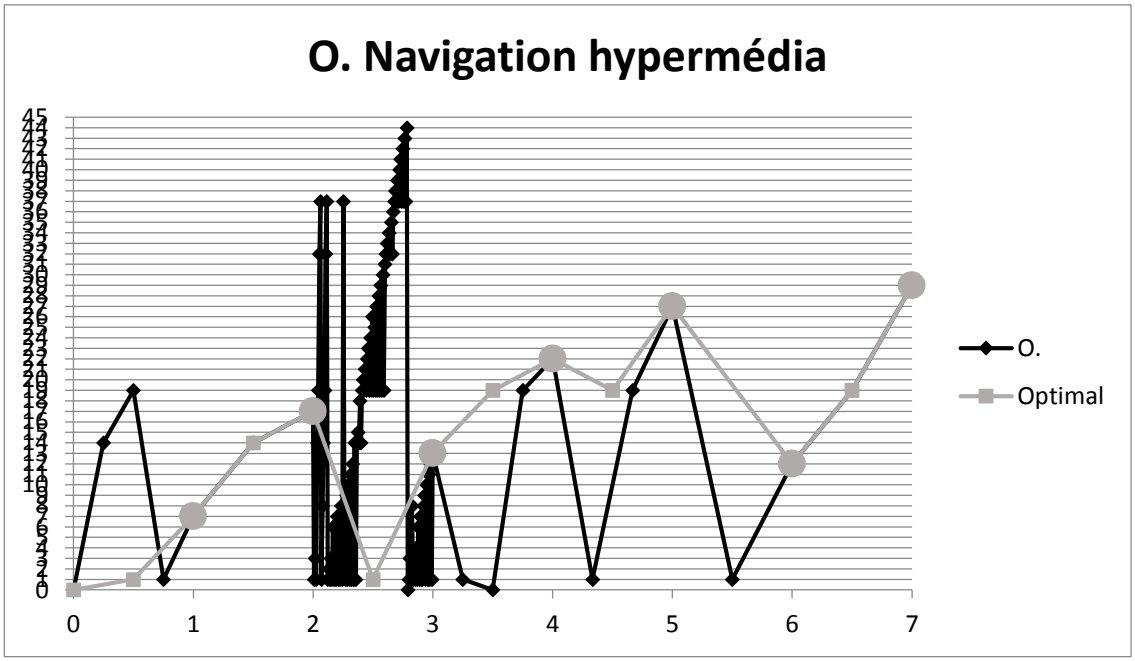

M. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
M.
Plus rapide

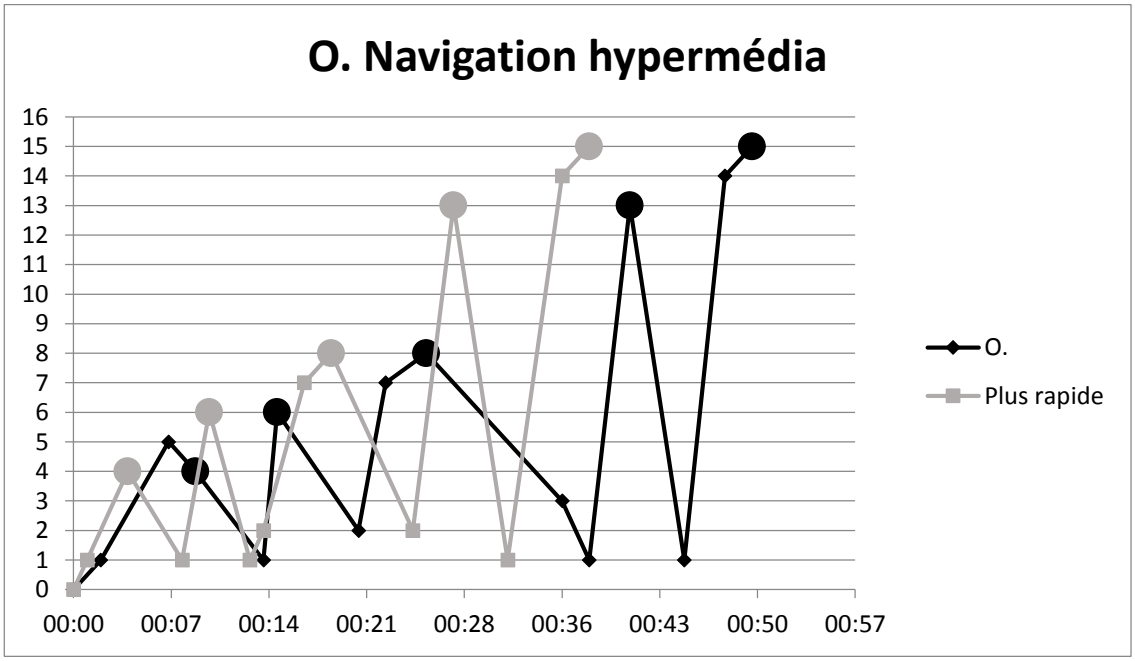

Max. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
Max.
Optimal

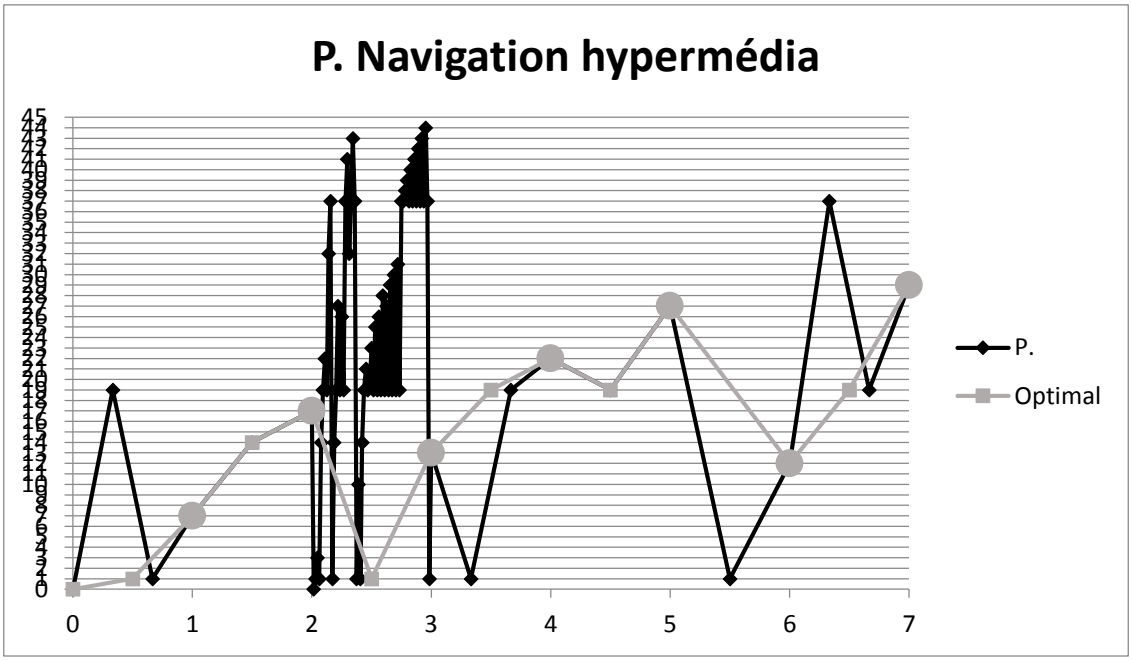

Max. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
Max.
Plus rapide

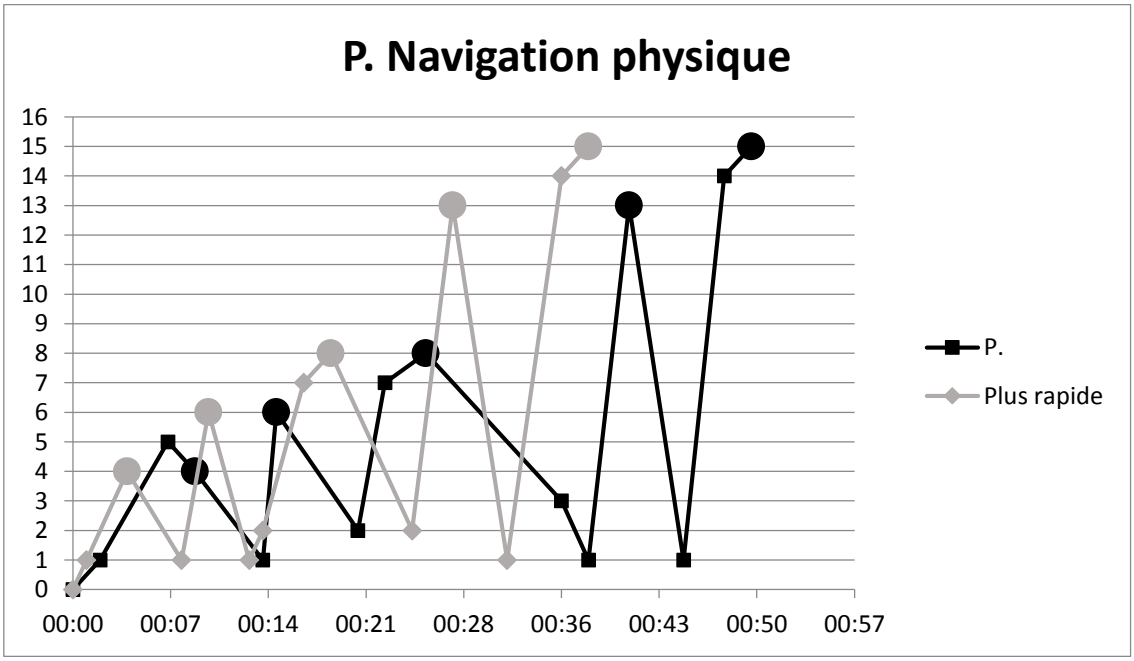

N. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
N.
Optimal

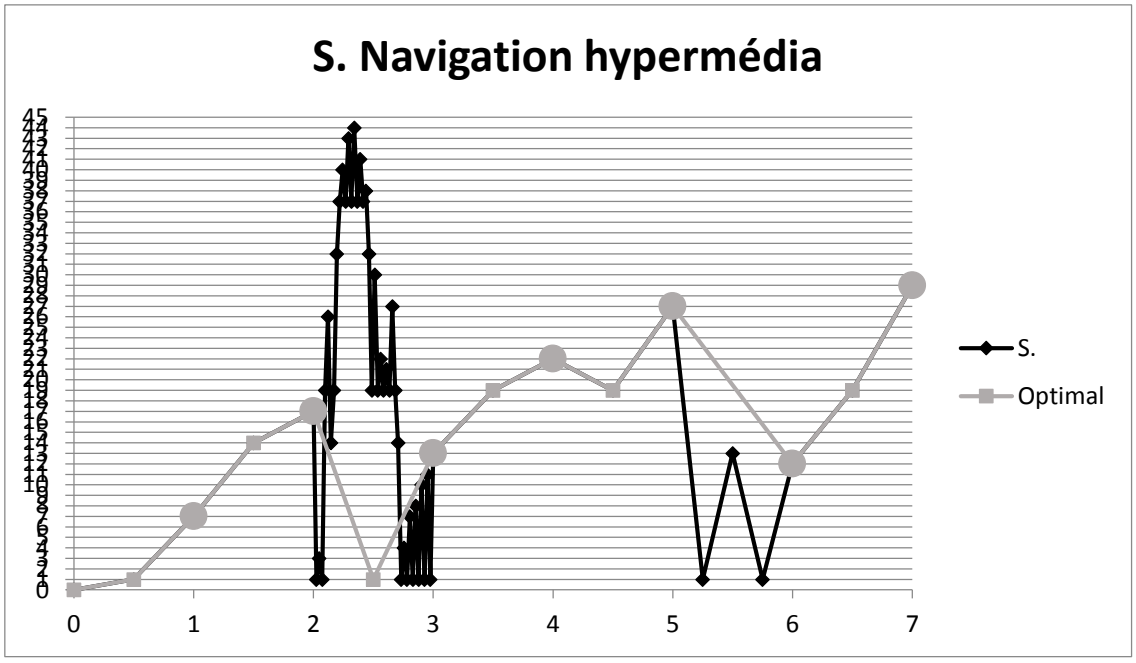

N. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
N.
Plus rapide

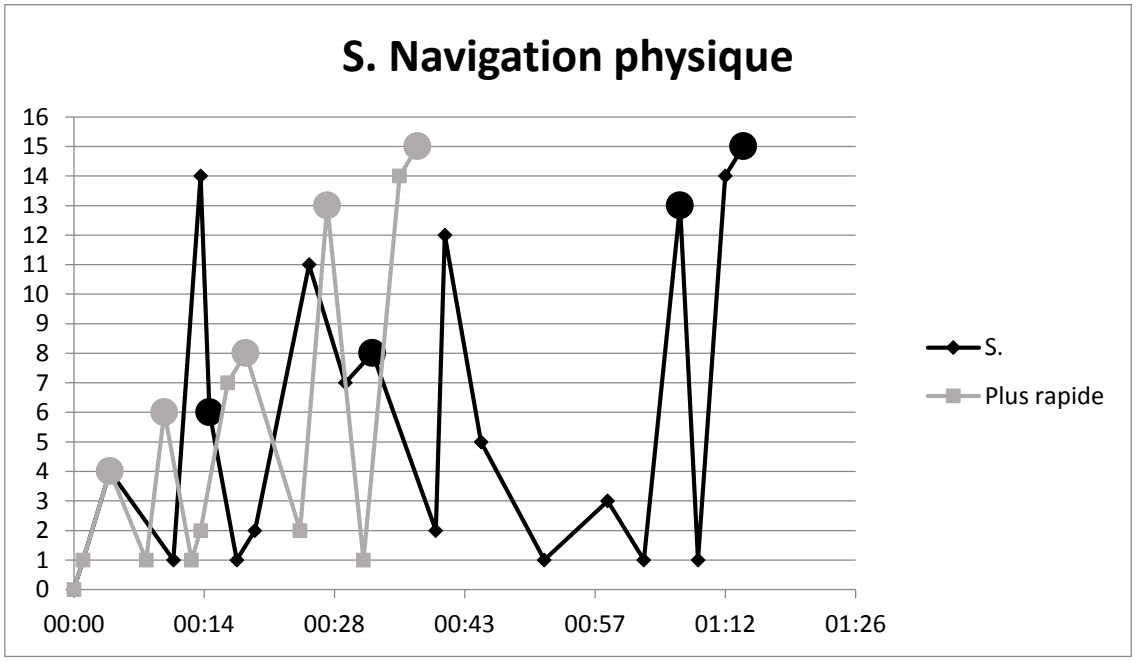

O. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
O.
Optimal

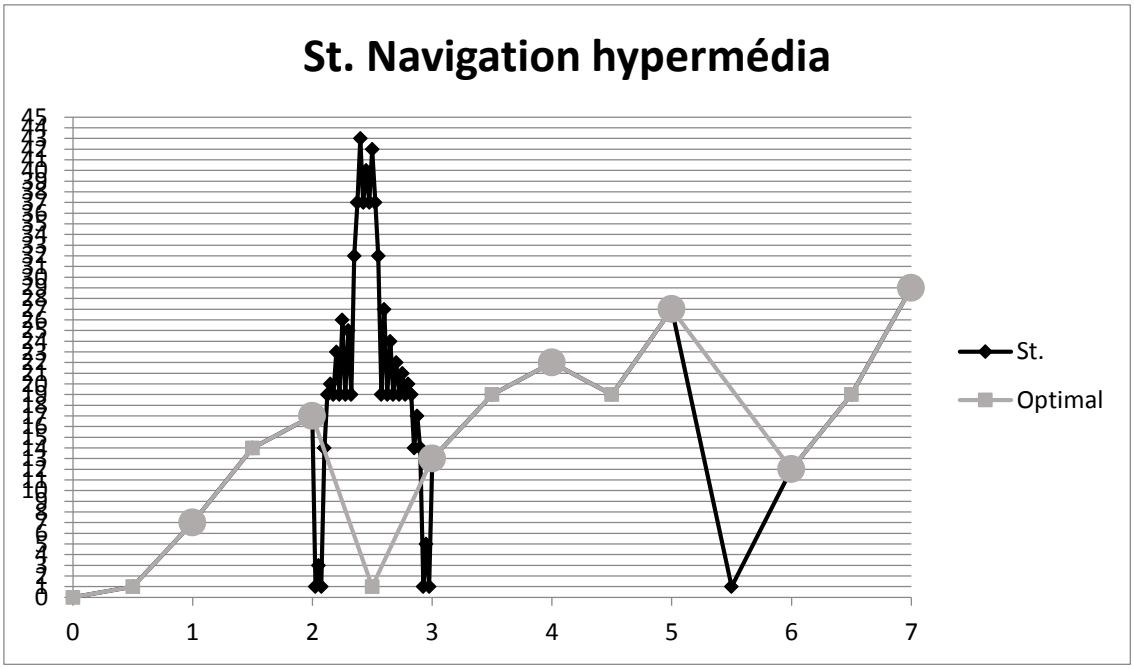

O. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
00:57
O.
Plus rapide

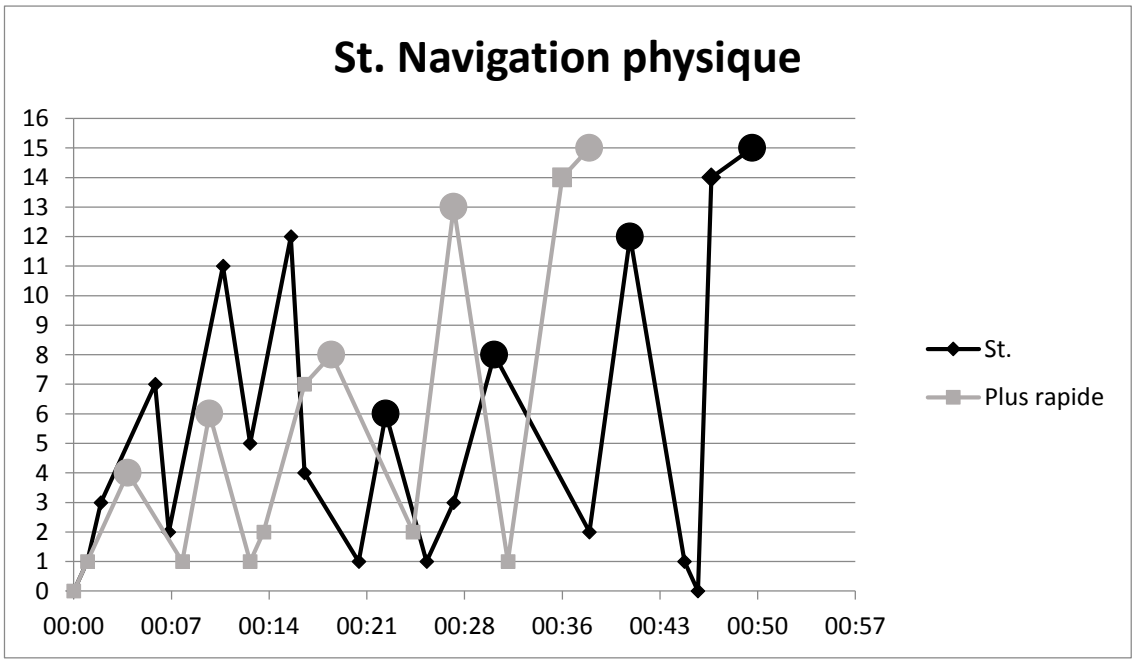

P. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
P.
Optimal

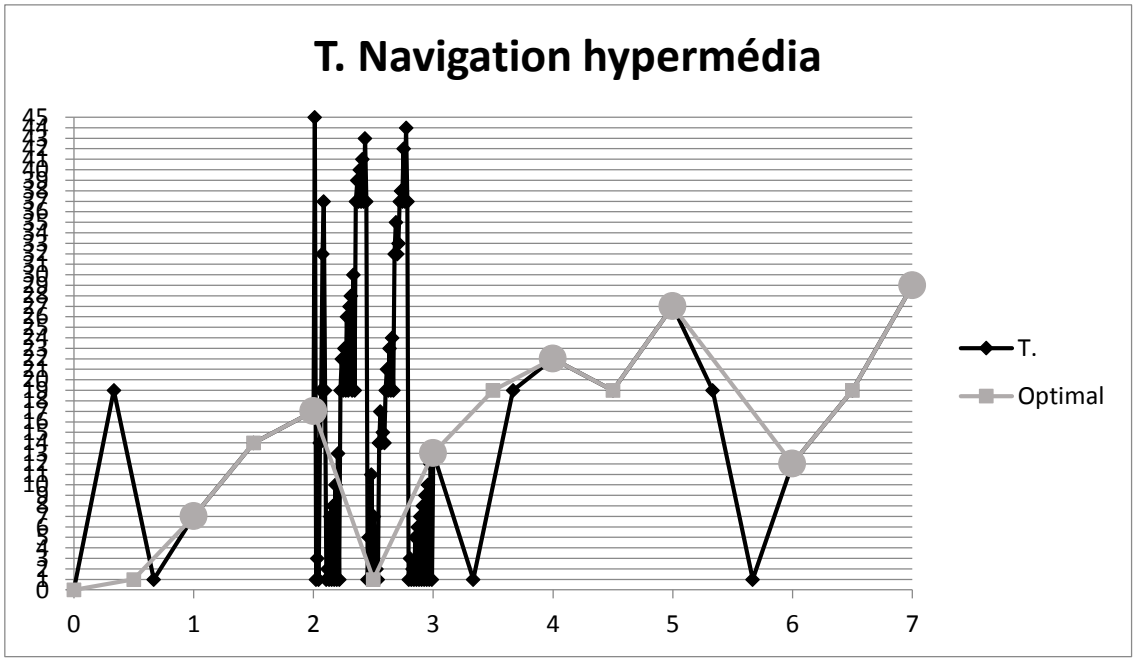

P. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
00:57
P.
Plus rapide

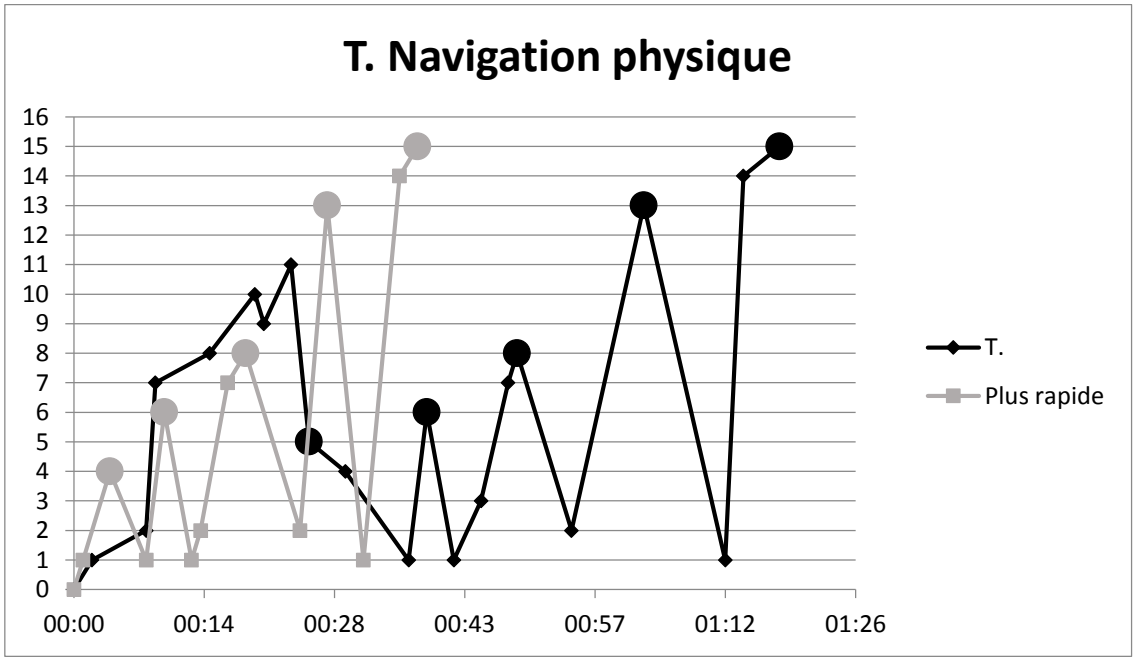

S. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
S.
Optimal

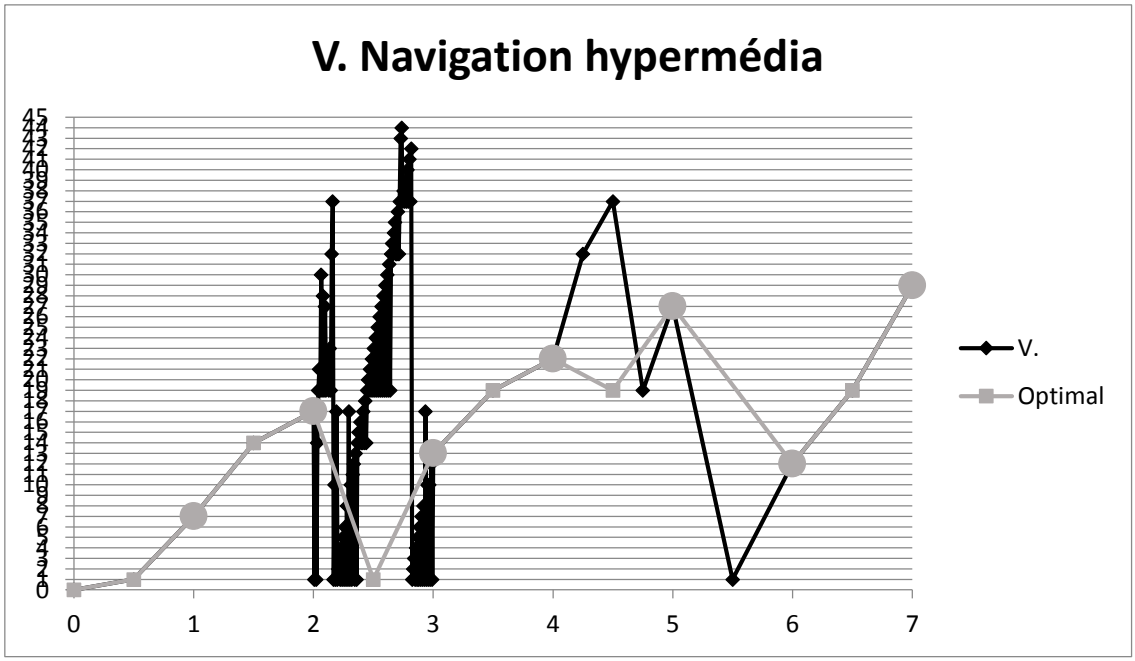

S. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
01:26
S.
Plus rapide

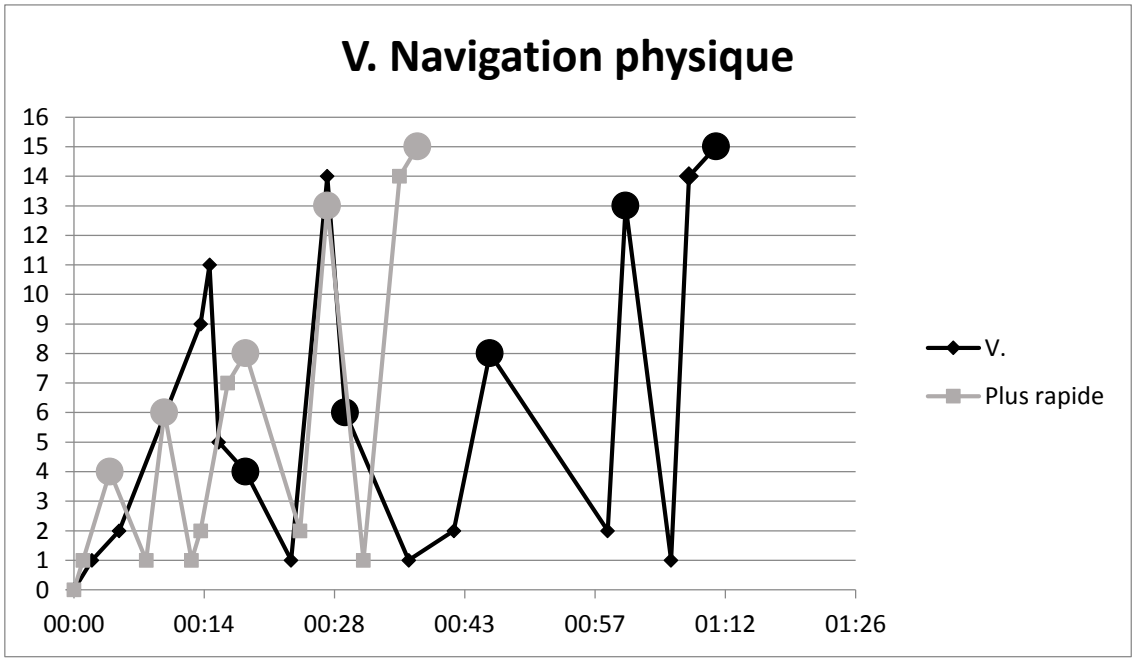

St. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
St.
Optimal


St. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:07
00:14
00:21
00:28
00:36
00:43
00:50
00:57
St.
Plus rapide

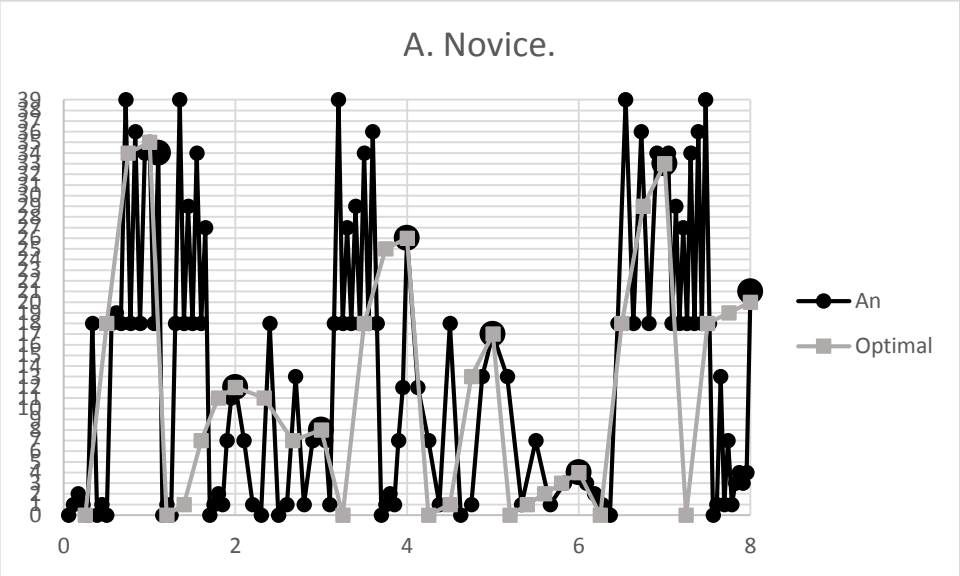

T. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
T.
Optimal

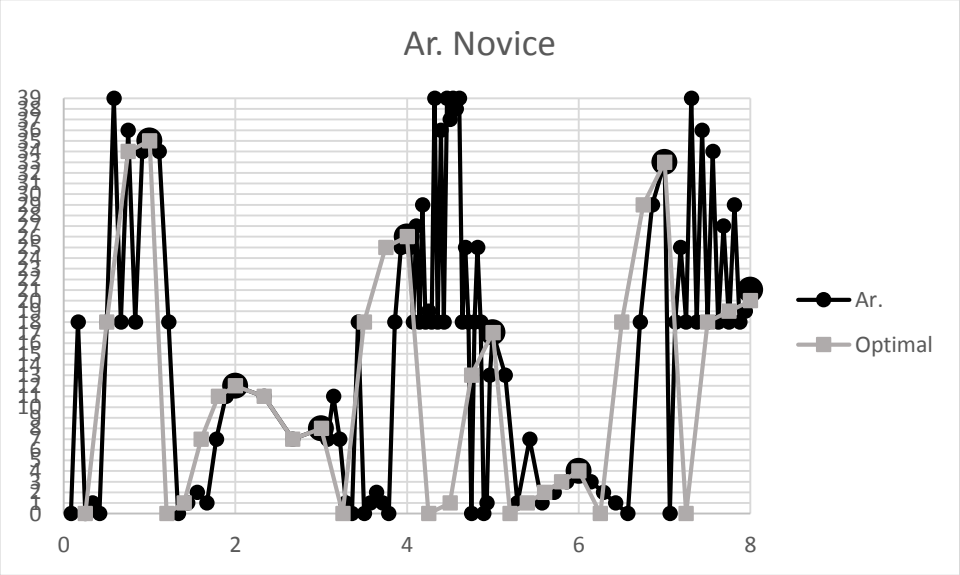

T. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
01:26
T.
Plus rapide

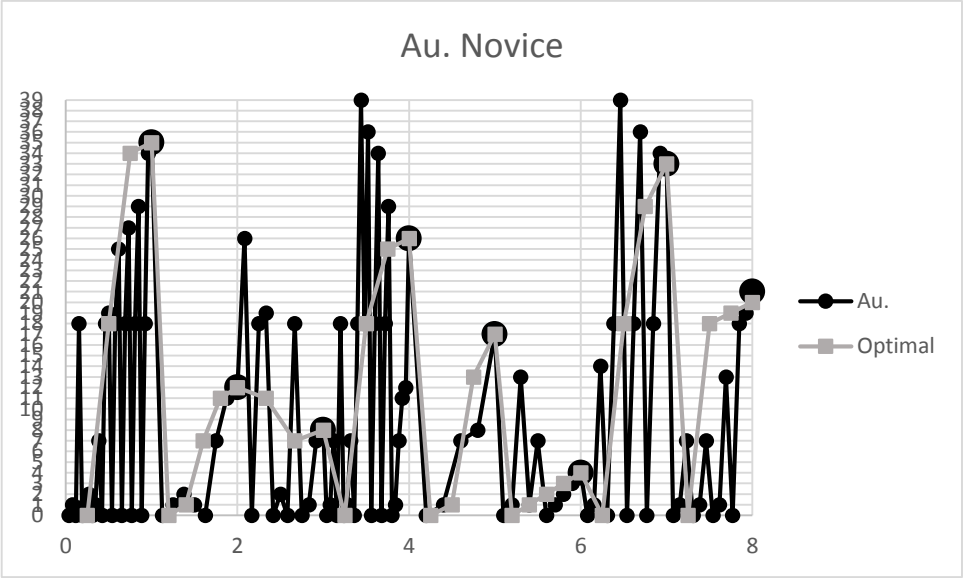

V. Navigation hypermédia
0
1
2
3
4
5
6
7
V.
Optimal

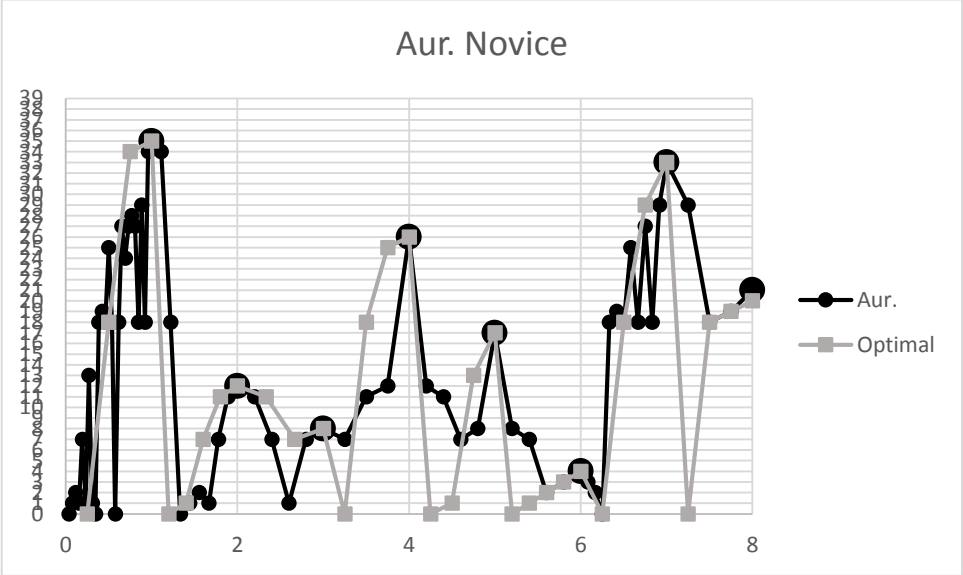

V. Navigation physique
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
00:00
00:14
00:28
00:43
00:57
01:12
01:26
V.
Plus rapide

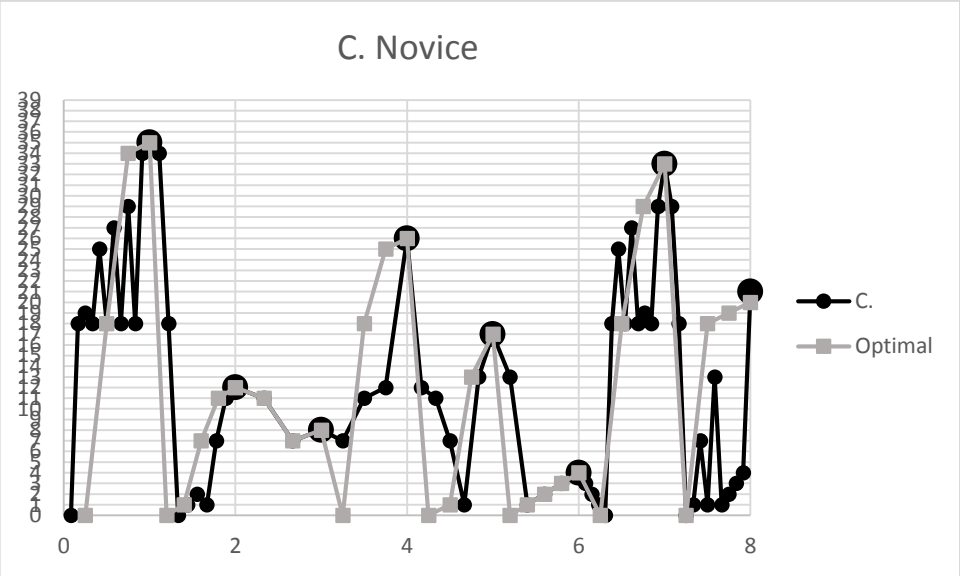
Annexes 5 : Représentations graphiques des parcours hypermédias de la deuxième expérimentation

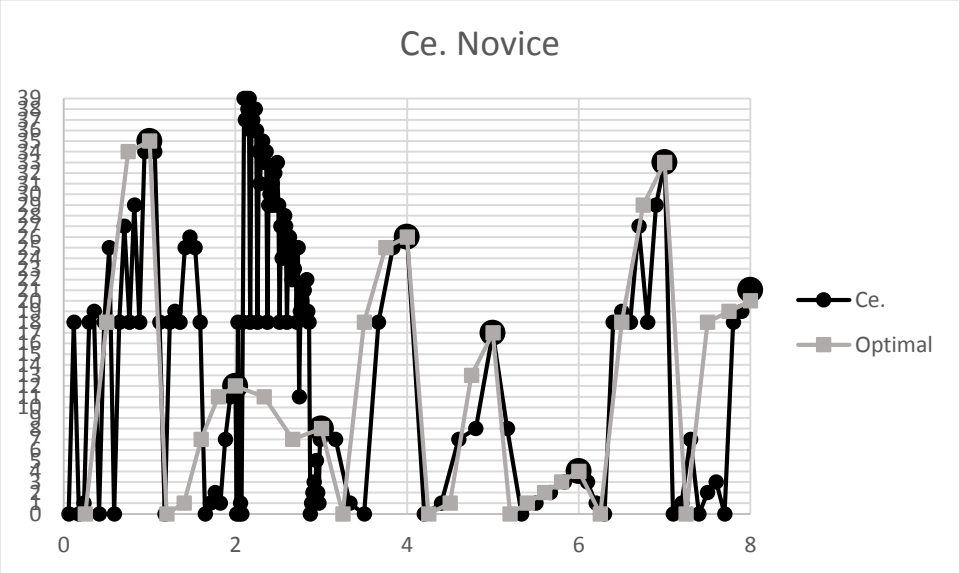


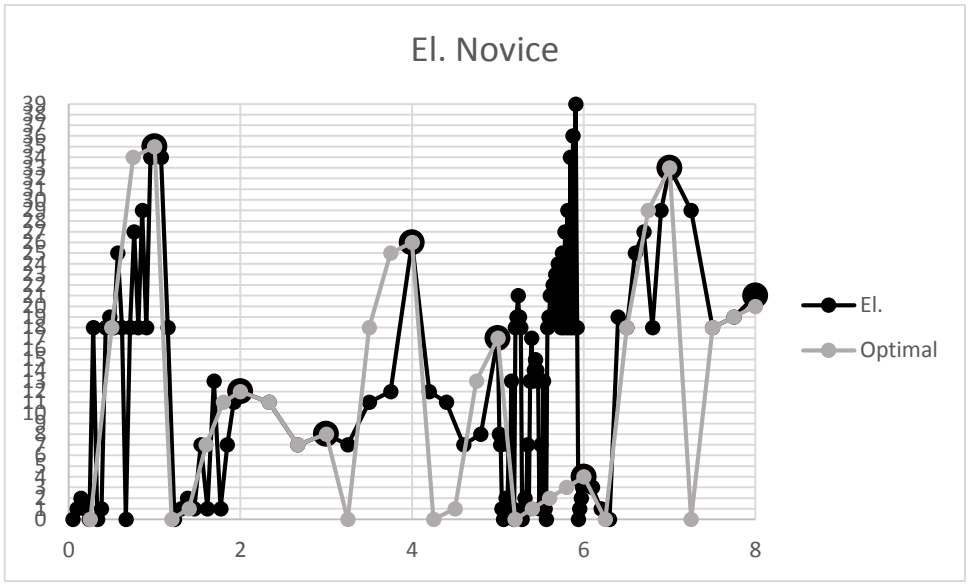


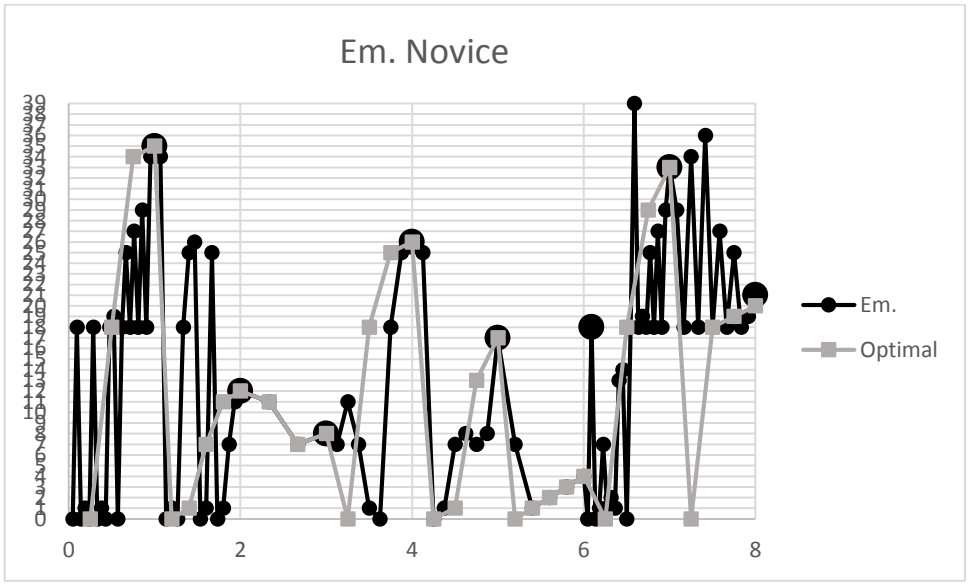

Au. Novice
0
2
4
6
8
Au.
Optimal

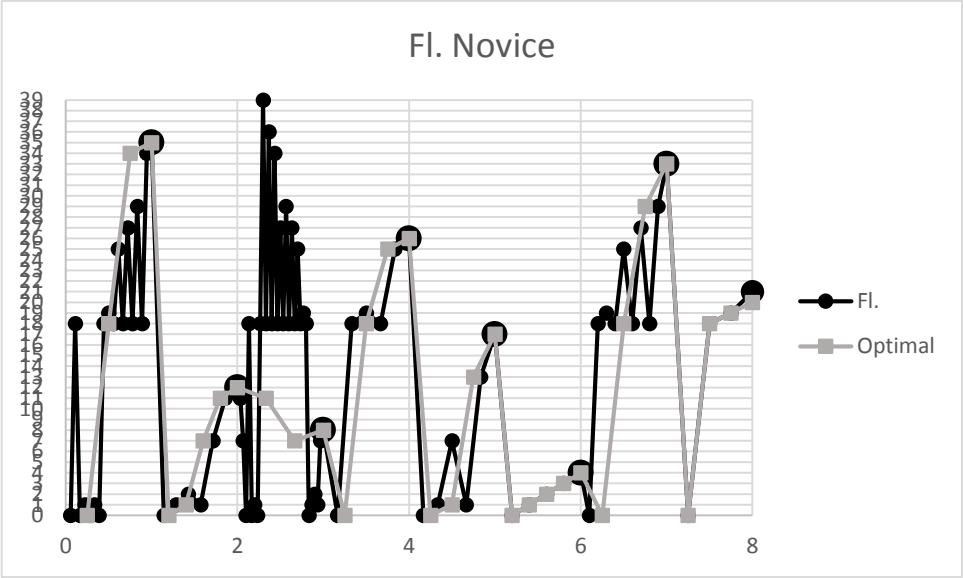

Aur. Novice
0
2
4
6
8
Aur.
Optimal

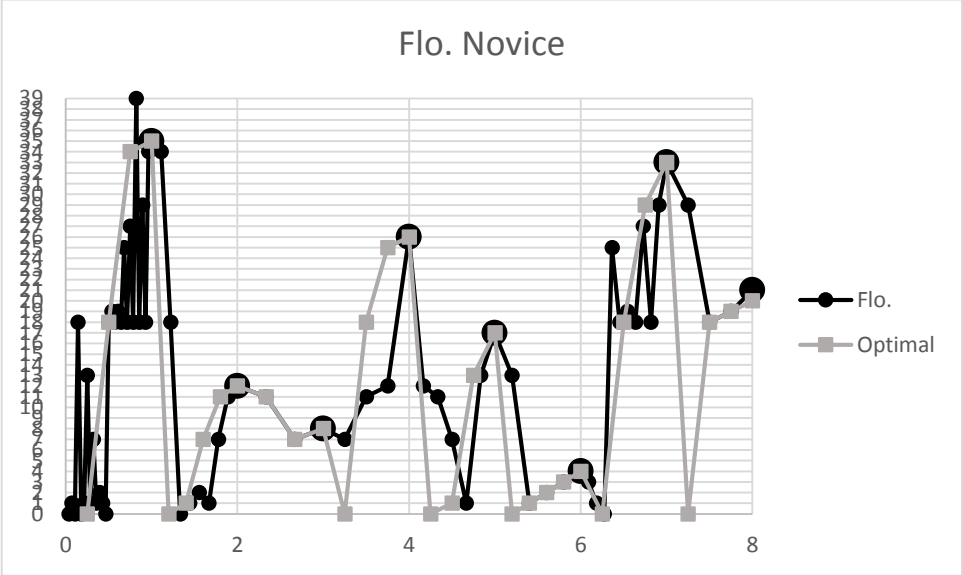

C. Novice
0
2
4
6
8
C.
Optimal

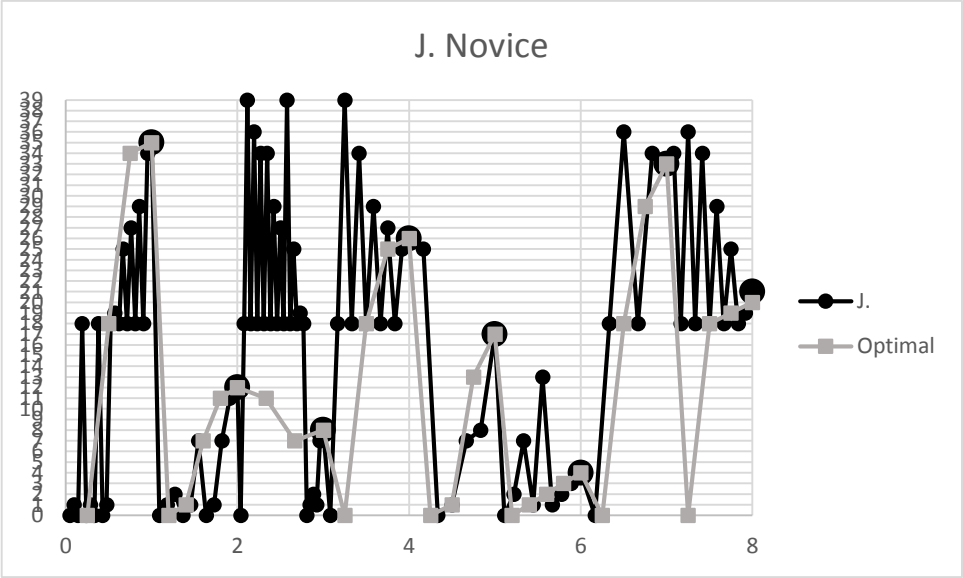

Ce. Novice
0
2
4
6
8
Ce.
Optimal

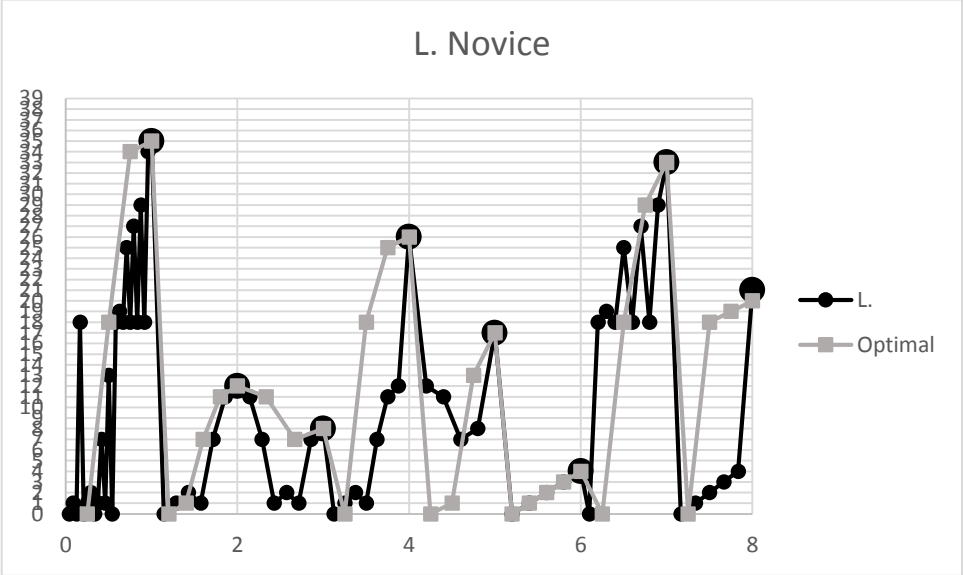

El. Novice
0
2
4
6
8
El.
Optimal

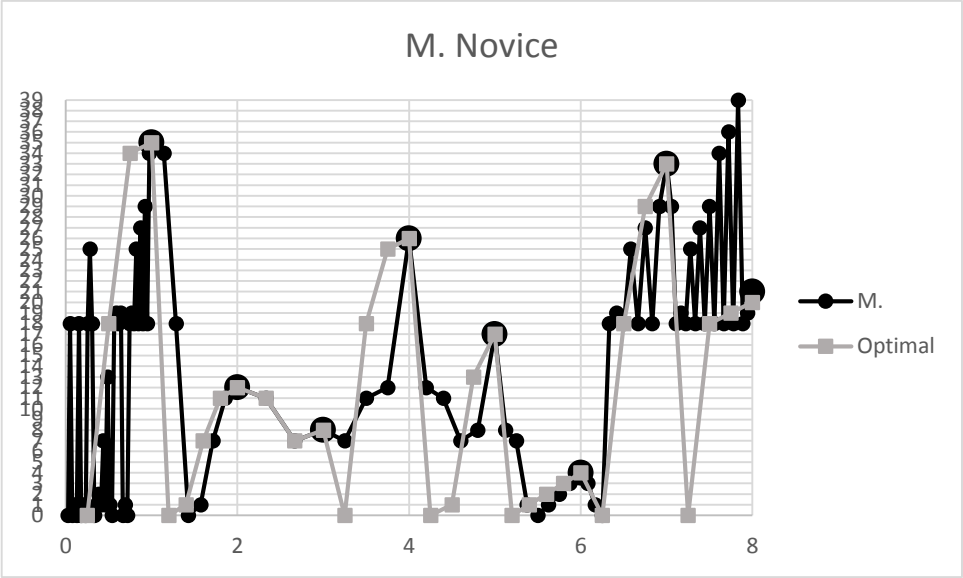

Em. Novice
0
2
4
6
8
Em.
Optimal

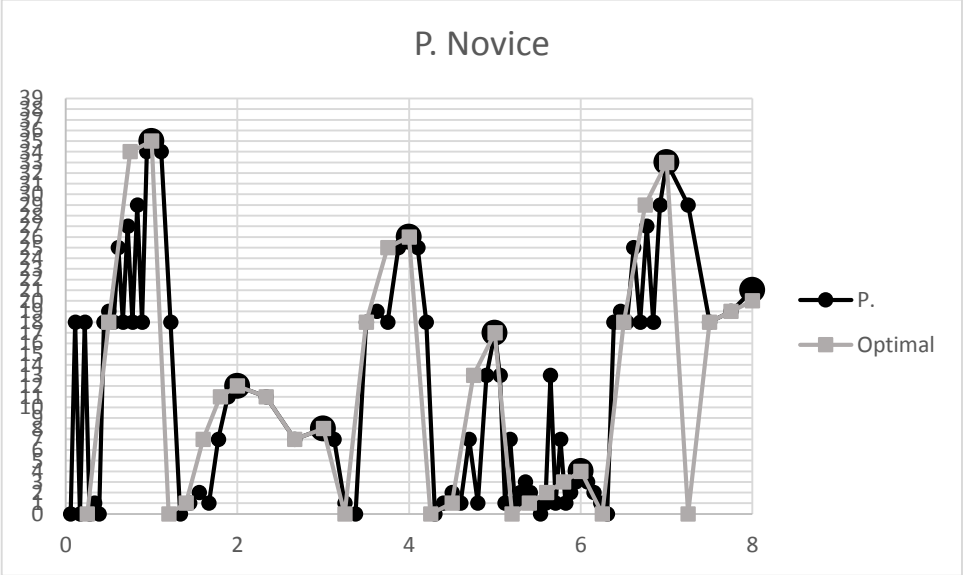

Fl. Novice
0
2
4
6
8
Fl.
Optimal

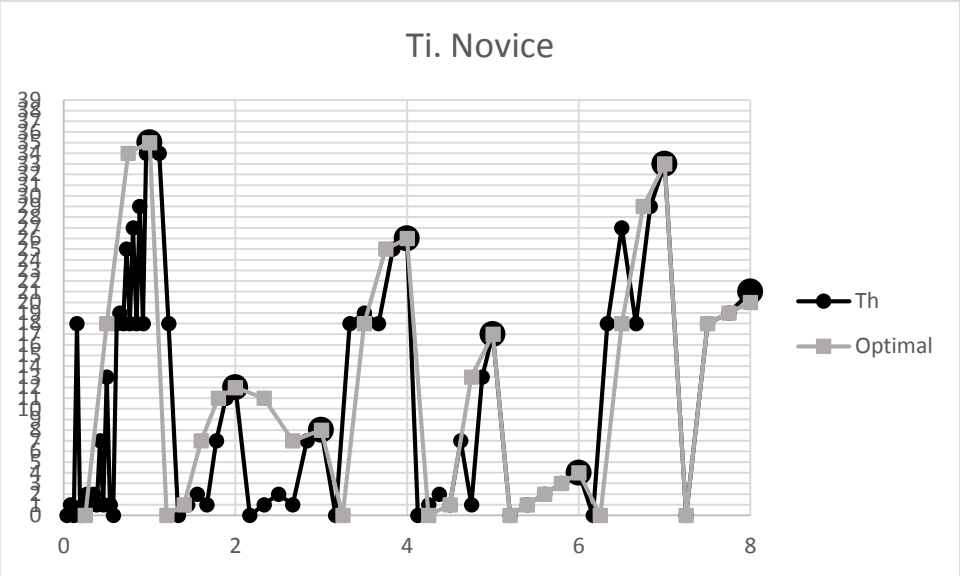

Flo. Novice
0
2
4
6
8
Flo.
Optimal

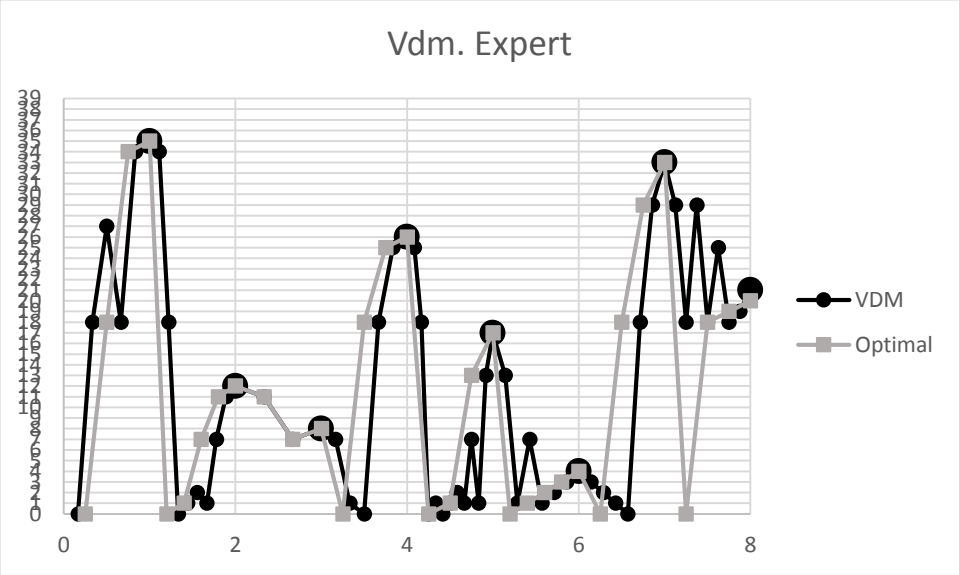

J. Novice
0
2
4
6
8
J.
Optimal

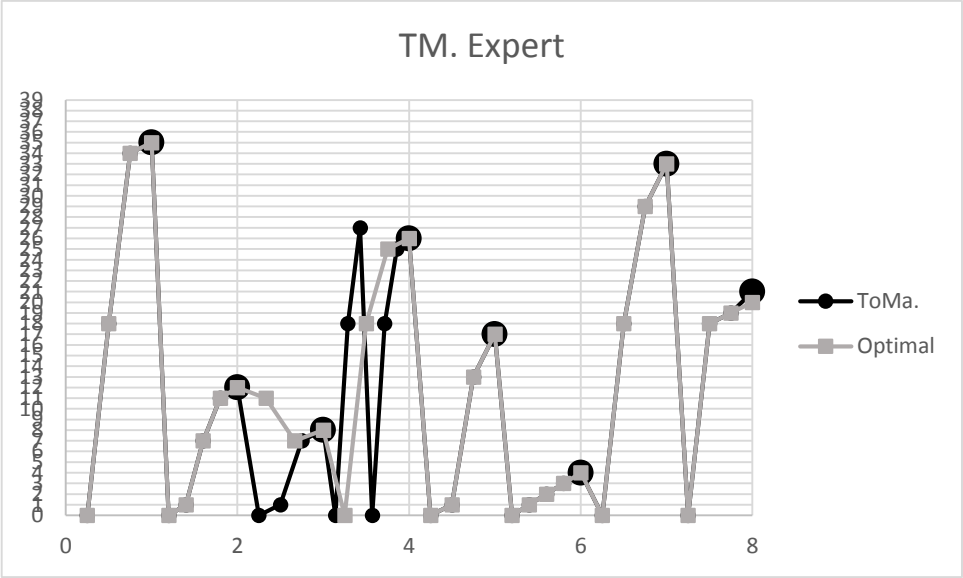

L. Novice
0
2
4
6
8
L.
Optimal

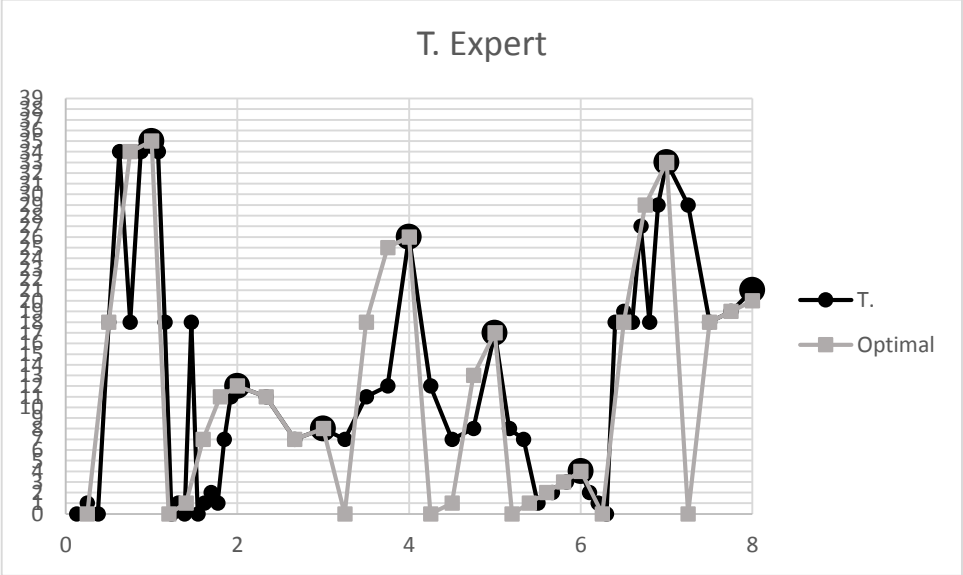

M. Novice
0
2
4
6
8
M.
Optimal

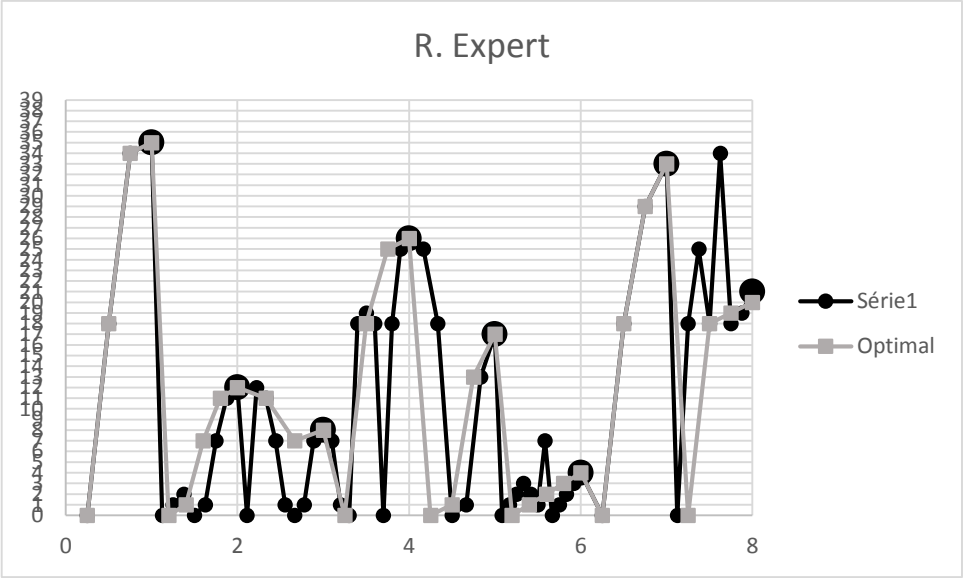

P. Novice
0
2
4
6
8
P.
Optimal

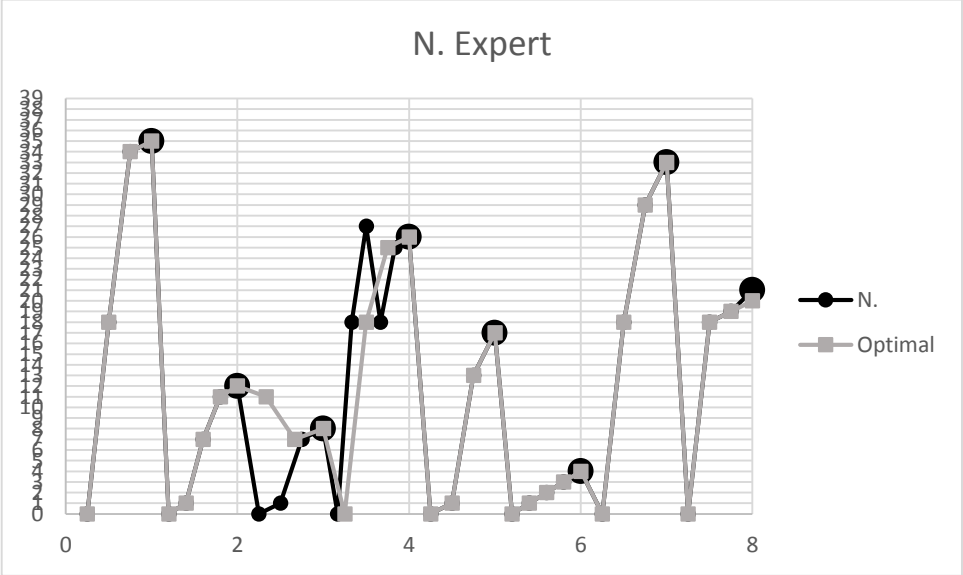

Ti. Novice
0
2
4
6
8
Th
Optimal

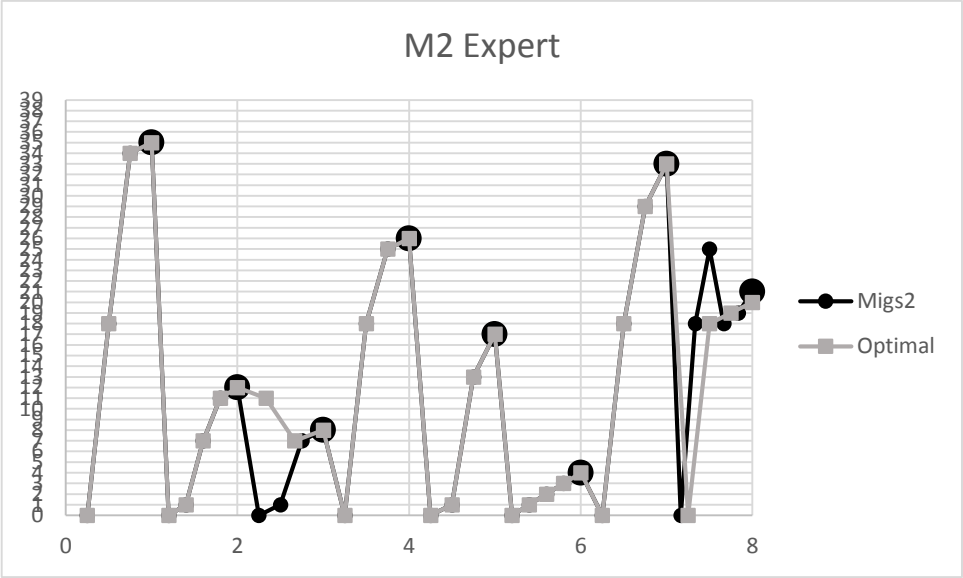

Vdm. Expert
0
2
4
6
8
VDM
Optimal

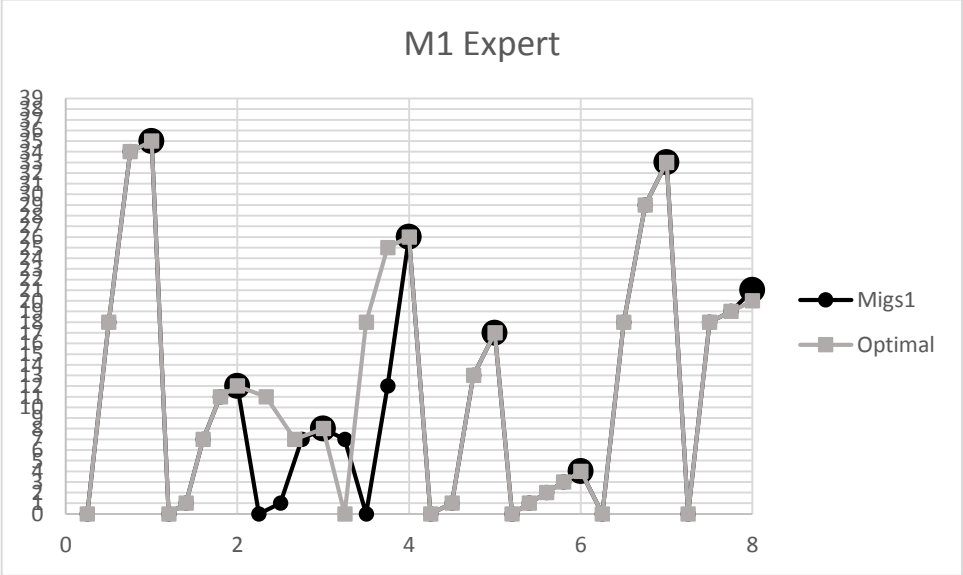

TM. Expert
0
2
4
6
8
ToMa.
Optimal

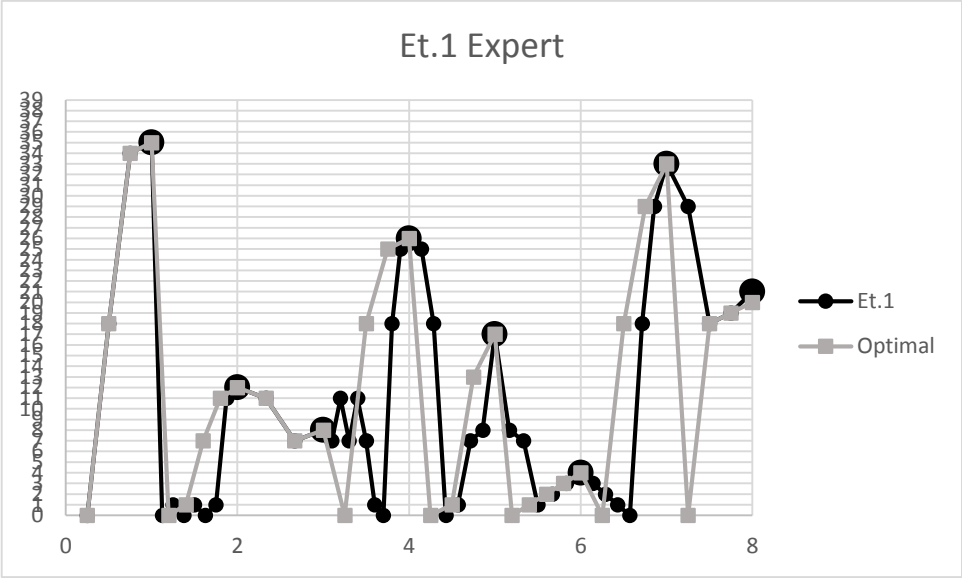

T. Expert
0
2
4
6
8
T.
Optimal

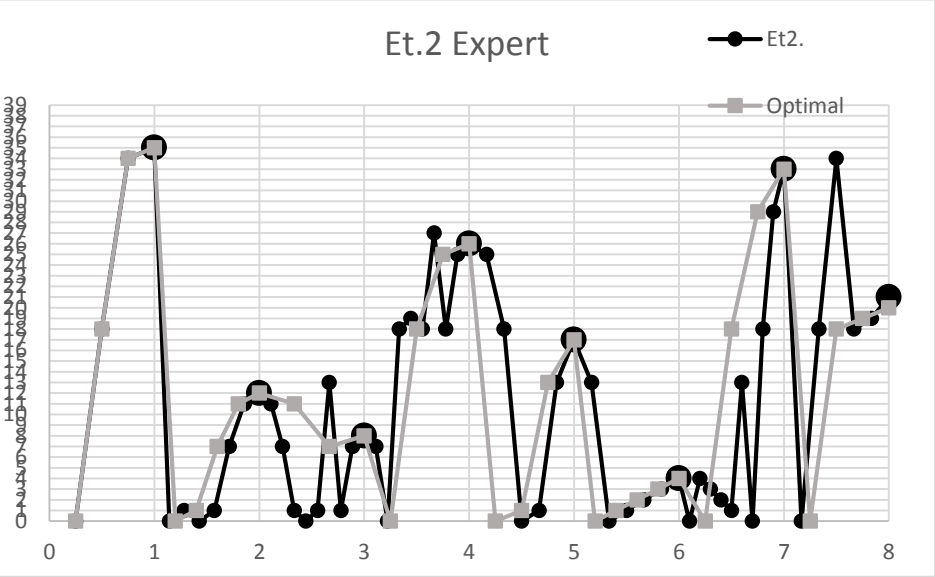

R. Expert
0
2
4
6
8
Série1
Optimal

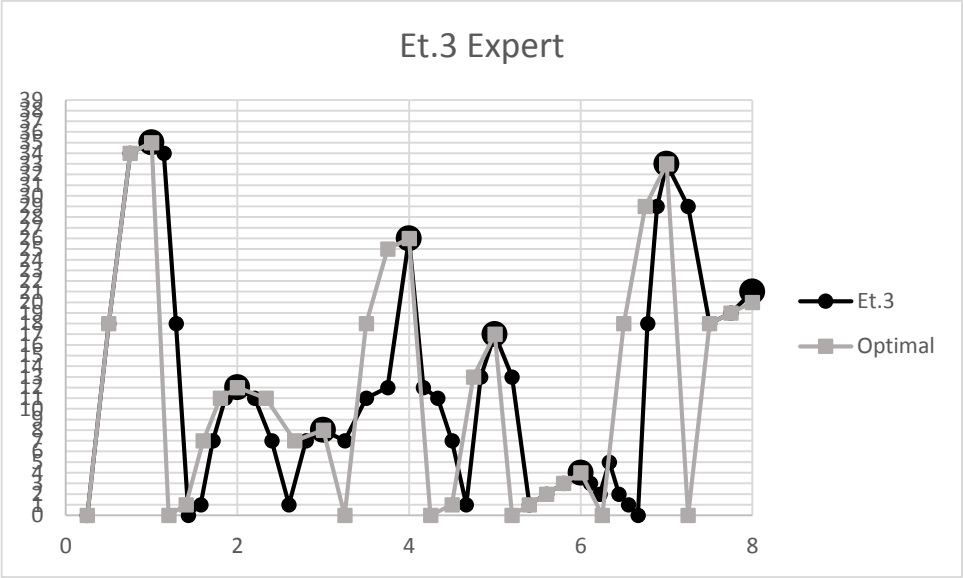

N. Expert
0
2
4
6
8
N.
Optimal

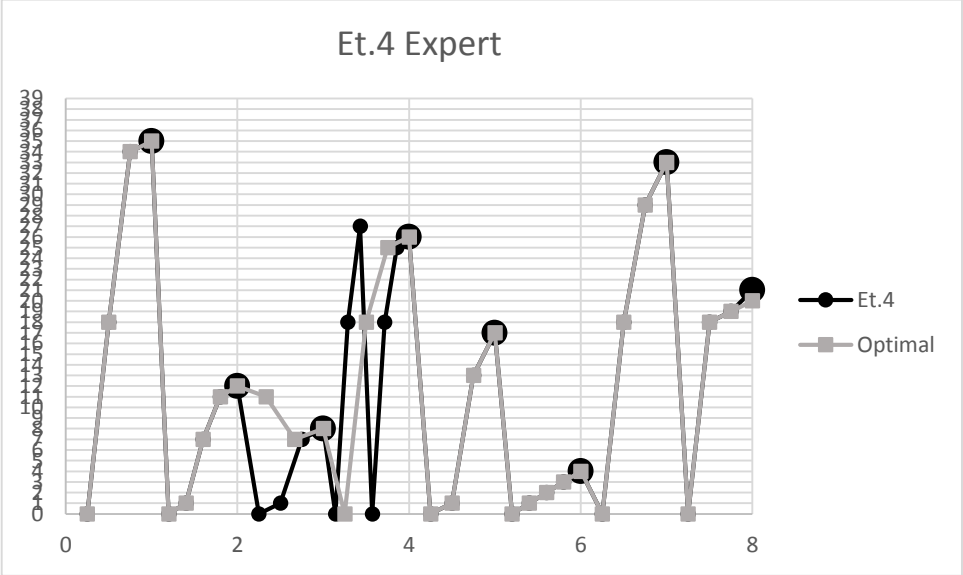

M2 Expert
0
2
4
6
8
Migs2
Optimal

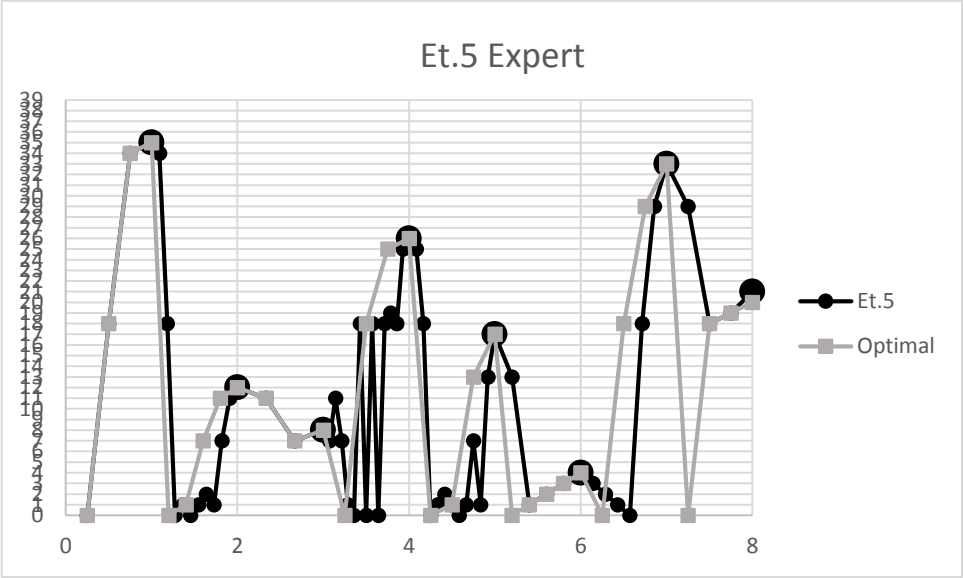

M1 Expert
0
2
4
6
8
Migs1
Optimal

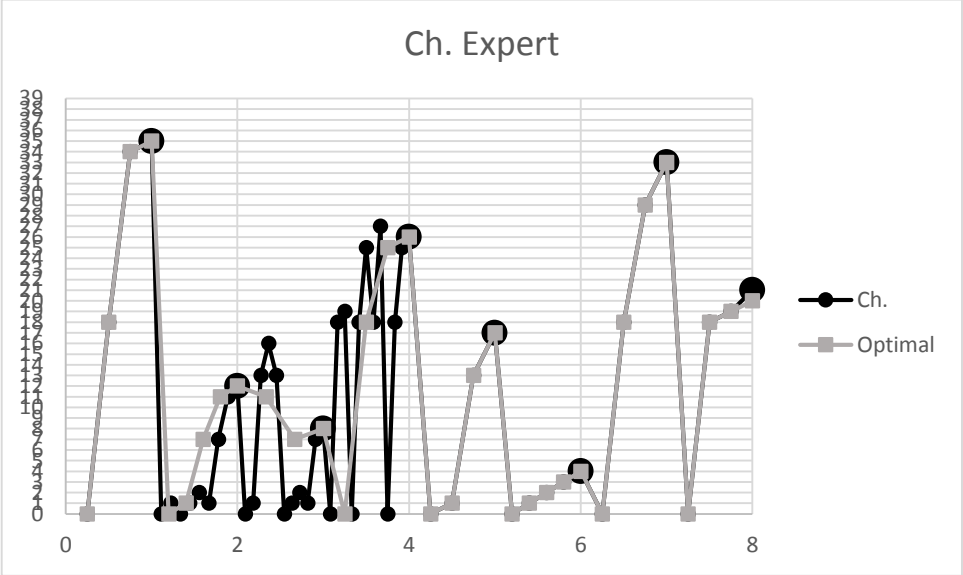

Et.1 Expert
Et.1
Optimal
0
2
4
6
8

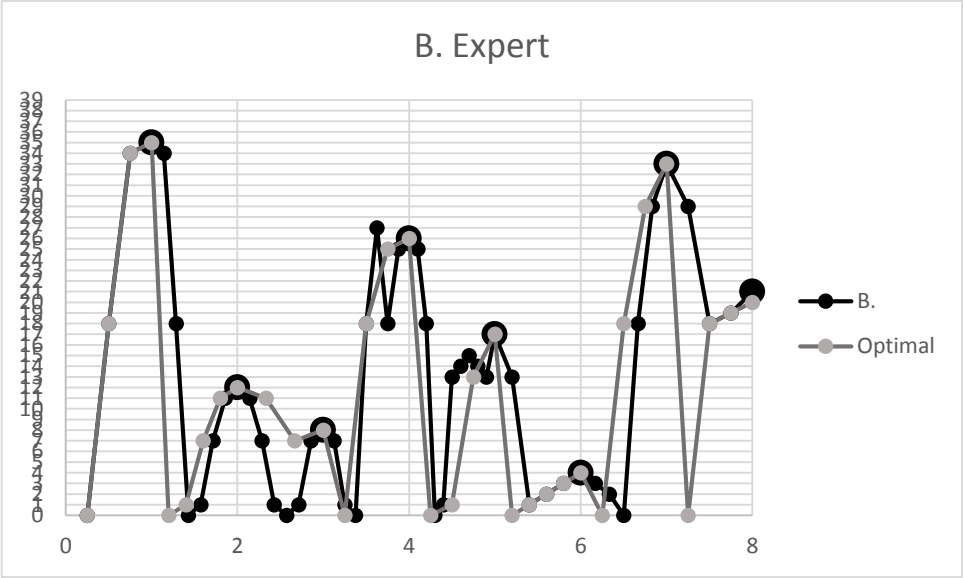

Et.2 Expert
Et2.
Optimal
0
1
2
3
4
5
6
7
8

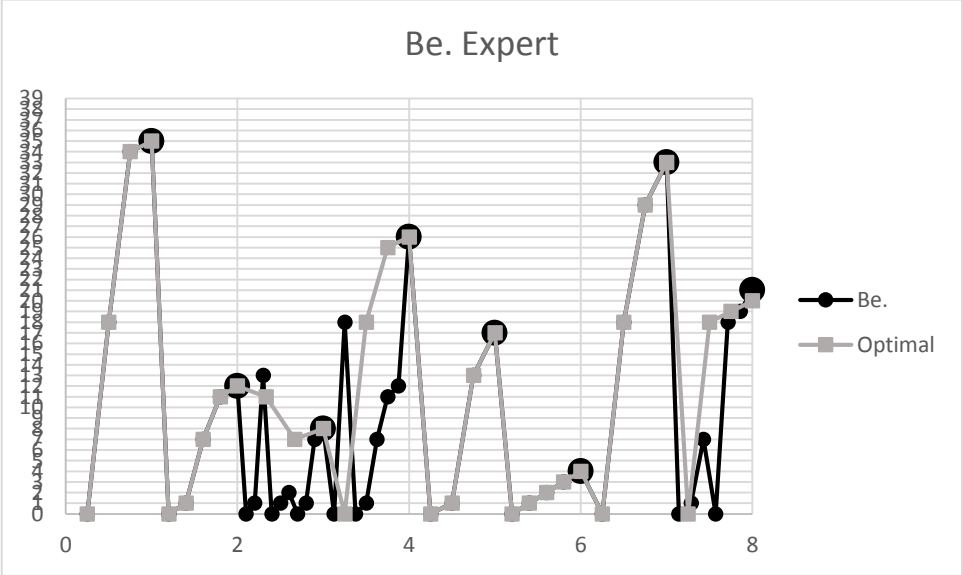

Et.3 Expert
0
2
4
6
8
Et.3
Optimal


Et.4 Expert
0
2
4
6
8
Et.4
Optimal


Et.5 Expert
0
2
4
6
8
Et.5
Optimal


Ch. Expert
0
2
4
6
8
Ch.
Optimal


B. Expert
0
2
4
6
8
B.
Optimal


Be. Expert
0
2
4
6
8
Be.
Optimal