

INTRODUCTION



INTRODUCTION

INTRODUCTION

NTIC ET EDUCATION CONTINUEE

Les années 1980 ont été marquées par le profond bouleversement de l'informatique dû à la naissance de la micro-informatique et de l'ordinateur personnel. Les années 1990 l'ont été par le développement considérable des nouvelles technologies d'information et de communication (les NTIC): le CD-ROM, l'hypermédia, le réseau Internet, etc. Elles commencent à tenir une large place dans notre société, dans le travail, au travers des loisirs, et dans l'éducation des pays développés¹.

Pensées comme un outil éducatif², elles peuvent sans doute jouer un grand rôle dans les réponses à apporter au besoin d'un apprentissage continu, tout au long de la vie, qui augmente de plus en plus du fait des transformations de notre société. Le citoyen doit de plus en plus renouveler les savoirs, qu'il a acquis jeune, parce que de nouveaux savoirs émergent, et deviennent cruciaux dans sa vie quotidienne, ou parce que cet individu doit impérativement se recycler, pour évoluer dans sa vie professionnelle.

Aujourd'hui, le monde de l'éducation se transforme pour intégrer cette donnée majeure. De multiples institutions et organisations se développent actuellement (centres culturels et musées, entreprises mettant en place des cycles de formation continue et des formations courtes, magazines et cahiers spécialisés de la presse écrite, émissions et/ou chaînes de télévision, etc.) et se rajoutent à l'école du début du XXème siècle pour aider, et motiver, le citoyen à entreprendre cette démarche d'une éducation continuée vers les nouveaux savoirs qui lui deviennent nécessaires.

¹ Dans les parties moins favorisées du globe, ces technologies ne sont que balbutiantes pour de multiples raisons.

² Les NTIC ont été rebaptisées tout récemment TICE: technologies de l'information, de la communication et de l'éducation. Elles ne sont donc plus nouvelles mais deviennent éducatives.

Ce cheminement est personnel à chaque individu, avec de multiples différences de finalités, d'intérêts, de niveaux et de contraintes. Autrement dit, l'éducation continuée a une caractéristique fondamentale: elle place l'apprenant dans une situation où il doit, le plus souvent, apprendre seul et à distance, dans le temps et dans l'espace.

C'est sans doute dans cette perspective globale que se situe l'un des deux rôles fondamentaux de ces technologies dans le monde éducatif: devenir un des outils facilitant l'accès à chacun, selon ses buts et ses contraintes, des ressources de savoirs. L'autre rôle est de devenir, à l'école, une ressource didactique ainsi que l'ont déjà fait bien d'autres technologies: le rétroprojecteur, la télévision, le magnétoscope, etc.

Et, dans le cadre de l'éducation continuée plus particulièrement, un corollaire implicite à ces deux rôles doit être souligné: c'est la nécessité d'une adaptation des logiciels éducatifs, des autres services en réseau et de leurs multiples fonctions, à leurs utilisateurs.

Cette adaptation se joue à plusieurs niveaux dans l'offre à apporter. Il y a la diversité des thèmes et des services à proposer. Il y a celle des niveaux de leurs contenus. Il y a enfin celle des interfaces qui rassemblent les fonctions logicielles de ces "produits". Du point de vue d'une ergonomie centrée sur l'utilisateur, les interfaces doivent être pensées selon trois paramètres essentiels: les buts de leurs utilisateurs, la familiarité de ceux-ci avec les outils informatiques et leurs habitudes de traitement d'information.

En ce qui concerne les buts, l'activité de recherche d'informations devient aujourd'hui essentielle. Elle représente un préalable crucial au processus d'apprentissage proprement dit. Avant de pouvoir commencer à apprendre un sujet donné, il faut trouver et sélectionner la ressource didactique la plus appropriée, puis il faut comprendre comment ses contenus sont organisés pour déterminer les parties les plus pertinentes avec le thème intéressant. A quelles pages d'un magazine se trouvent les informations relatives au thème jugé comme intéressant? Dans ces pages, l'auteur aborde-t-il le thème de différentes façons: plus ou moins en profondeur et plus ou moins graphiquement? Si oui, comment s'établissent les dialogues entre les informations globales et détaillées, entre les schémas et les textes?

Plus généralement, la recherche d'information se fait omniprésente à tous les instants de notre vie quotidienne. Avant de pouvoir effectuer une action, bien des choix sont à faire en fonction d'informations à trouver. Quels sont les différents horaires de train entre deux cités? Quel train permet la correspondance avec un autre? Où se trouve le rayon électroménager du supermarché? Comment effectuer un tri automatique des pages d'un document à photocopier en dix exemplaires?

DE PLUS EN PLUS D'INTERFACES

Et, de plus en plus souvent, chaque individu est placé devant des interfaces élaborées et proposées pour aider à trouver les informations désirées et à effectuer diverses opérations sur celles-ci. Les diverses mises en page des magazines et des journaux en sont des exemples. Les plans des grands magasins, associant l'organisation spatiale de leurs étages avec celle de produits regroupés par catégories, en constituent d'autres ainsi que les tableaux d'horaires des trains et des bus. L'utilisation de multiples machines repose également sur la compréhension d'interfaces (distributeurs de billets de banque, tableaux de bord des voitures, écrans à cristaux liquides des appareils photographiques, des photocopieuses et des téléphones, télécommandes et frontons de commandes des chaînes stéréophoniques et des magnétoscopes, bornes de péage automatique des autoroutes et des parkings, systèmes de réservation des billets de train, etc.).

L'adéquation entre les informations rassemblées dans ces interfaces et les actions des utilisateurs est primordiale. On peut se rappeler, par exemple, le système de billetterie SOCRATE, de la Société Nationale de Chemin de Fer française, mis en place aux débuts des années 1990. Il a connu un échec retentissant parce que, selon l'analyse qu'en fait André Giordan (Giordan A., 1994), il n'a pas été pensé en fonction des attentes des utilisateurs et parce que les billets émis par ce système indiquaient des informations beaucoup plus appropriées pour le travail des employés de cette entreprise que pour les voyageurs.

La confrontation des utilisateurs avec de nombreuses interfaces augmente certainement leur familiarité avec de tels systèmes d'information et favorisent sans doute également le développement de nouvelles stratégies mentales pour effectuer toutes ces actions quotidiennes.

L'émergence de la présence des technologies de communication et d'information chez le grand public accélère et augmente encore ce phénomène puisque avec elles, tout est devenu icônes et fenêtres, tout est interfaces. Le nombre des informations potentiellement utilisables et celui des interfaces destinées à aider dans leur recherche connaissent une augmentation sans précédent depuis que ces technologies les rendent accessibles d'un coup de souris ou d'une pression du doigt.

En fait, pour ne pas être noyé sous les informations, il devient crucial d'apprendre à les rechercher, à les trier, à les hiérarchiser. C'est un nouveau défi particulièrement important, pour les utilisateurs, que d'apprendre à décoder les logiques des interfaces et à dépasser leurs défauts. C'en est un autre, pour les pédagogues, que de comprendre l'adéquation de ces outils avec les tâches qu'ils sont censés aider.

Si l'on considère plus spécifiquement maintenant l'apprentissage de contenus, du type de ceux enseignés dans les écoles ou diffusés au travers de l'éducation continuée, les interfaces des logiciels éducatifs et de vulgarisation

peuvent être considérées comme particulièrement importantes par rapport à ces nouveaux défis. Elles reposent en effet avec force les questions de l'organisation de contenus informatifs et de la compréhension, chez l'utilisateur, des outils ayant pour fonction de lui montrer cette organisation, de lui permettre de discerner les parties intéressantes et d'y accéder.

NAVIGUER DANS LES CD-ROMS

C'est à ce niveau, celui de la problématique des processus cognitifs mis en jeu par les utilisateurs de ressources didactiques informatisées, que se place cette thèse. Elle se donne pour but d'étudier, comme question centrale, les outils de navigation des CD-ROMs de vulgarisation et la compréhension qu'en ont leurs utilisateurs. Elle se restreint ainsi à l'étude de certains logiciels, servant le plus souvent dans le contexte de l'éducation continuée avec une finalité d'augmentation de la culture générale du grand public.

Cette étude est celle d'un pédagogue qui s'interroge sur les ressources didactiques. Elle se place donc d'abord sous cet éclairage. Néanmoins, située dans un champ très large de recherches, théoriques et appliquées, qui regroupent des préoccupations issues des domaines de l'intelligence artificielle, des technologies d'information et de communication appliquées à l'éducation et des interfaces homme-machine, elle nécessite le recours à des concepts empruntés à d'autres disciplines, voire à des concepts transversaux.

Ces concepts permettent notamment de déterminer pourquoi l'étude de la question des outils de navigation des CD-ROMs de vulgarisation et de leur utilisation semble particulièrement pertinente dans le contexte de l'éducation continuée évoqué plus haut.

La littérature scientifique, relative aux recherches effectuées sur les hypertextes, montre d'abord que de tels systèmes favorisent une navigation plurielle dans un corpus de connaissances qui peut être appliquée aux logiciels éducatifs grand public que sont les CD-ROMs de vulgarisation.

L'hypertexte, qui s'est beaucoup développé à partir du milieu des années soixante, constitue l'organisation d'informations la plus étudiée lorsque des contenus informatifs, mis sous forme électronique, sont considérés. Bien que sa définition reste large, l'hypertexte est devenu la structure d'information de référence pour toutes les technologies d'informations et de communication concernées (les CD-ROMs et Internet), en particulier lorsqu'elles sont appliquées à un but éducatif.

En découpant des informations en parties distinctes (appelés noeuds) et en les reliant de diverses façons (au moyen de liens), l'hypertexte crée une structure conceptuelle. Et, pour décrire les multiples façons dont l'utilisateur retire les informations qu'il recherche dans un hypertexte, une métaphore de la navigation, par analogie avec les déplacements possibles dans un espace réel

comme une ville ou un bâtiment, s'est imposée. Elle est maintenant employée très communément.

Par ce découpage, l'hypertexte favorise une liberté de parcours dans un corpus d'informations et d'explications: il laisse le choix de son cheminement à l'utilisateur, selon ses envies et/ou ses besoins. Les logiciels éducatifs appliquent cette idée, en adoptant très souvent une organisation hypertextuelle, et vont ainsi dans le sens de l'adaptation voulue des ressources didactiques aux différents utilisateurs, du milieu scolaire et de l'éducation continuée.

A partir de cette idée de base, les travaux de recherche effectués sur l'application de l'hypertexte à l'apprentissage de contenus ont amené une meilleure compréhension de la navigation de l'utilisateur dans un tel système et de certains avantages des outils aidant l'utilisateur dans sa navigation.

Celle-ci entraîne deux problèmes considérés comme majeurs: la désorientation et la surcharge cognitive. Se déplacer dans un espace abstrait d'informations, en particulier pour chercher des informations précises, peut en effet engendrer, chez l'utilisateur, le sentiment d'être perdu. De plus, en navigant, il cumule les tâches (tâches de navigation, tâches informationnelles et tâches de gestion des deux tâches précédentes) et peut donc subir une surcharge cognitive.

Les recherches entreprises pour pallier ces problèmes soulignent l'importance des divers outils de navigation permettant à l'utilisateur d'adapter son cheminement à ses buts. Elles montrent, en particulier, l'importance de la donnée d'une vue globale de la structure conceptuelle d'un hypertexte à l'utilisateur. En rendant plus explicites les liens sémantiques existant entre les différents noeuds de l'hypertexte, cette vue globale doit augmenter la compréhension de cette structure par l'utilisateur et donc la compréhension de sa navigation.

INVESTIGATIONS NECESSAIRES

De nombreuses informations émanent donc de la littérature scientifique à propos des outils de navigation de l'hypertexte. Mais elle nous fait parvenir aussi à trois constats de manques qui sont à la base de la question centrale définie plus haut.

Primo, tandis que la fonction générale de cette vue globale est bien comprise, comme analogue à celle des tables des matières des livres, les expériences faites avec des utilisateurs d'hypertexte ne parviennent pas à déterminer si son format de présentation doit être analogue à une table des matières classique (plus symbolique a priori) ou analogue à un réseau sémantique (plus graphique a priori).

Secundo, les recherches déjà effectuées mettent peu en relation les outils de navigation de l'hypertexte avec les outils de lecture du livre imprimé.

Et tertio, les recherches menées jusqu'à présent n'intègrent que peu, voire pas, une analyse des outils de navigation existant dans les CD-ROMs de vulgarisation actuellement sur le marché commercial.

Le premier constat amène à envisager la nécessité d'une investigation plus approfondie basée sur une expérience comparant l'utilisation d'une table des matières classique et d'une table des matières présentée sous une forme plus graphique, l'hypothèse étant posée qu'une carte conceptuelle peut jouer ce rôle. Les deux autres constats laissent penser qu'il faut placer cette expérimentation dans le cadre d'une investigation beaucoup plus large sur les outils de navigation de l'hypertexte. Il s'agit, d'un point de vue didactique, d'esquisser une synthèse sur ces outils qui intègre beaucoup plus la notion d'hypertexte telle qu'elle existe actuellement chez le grand public et qui la place dans une continuité ou une discontinuité, cela est justement à étudier, par rapport au livre.

On a en effet déjà pu lire souvent, à propos de la diffusion électronique du savoir et de ses conséquences, que nous vivons actuellement une révolution aussi importante, voire plus encore, que l'imprimerie!

Et il faut souligner que parvenir aujourd'hui à traiter toute information (texte, image et son) sous une forme numérique et pouvoir la placer sur des serveurs connectés entre eux par un réseau unique, accessibles avec un ordinateur personnel, est effectivement un réel progrès. Les services associés aux systèmes ainsi évoqués vont dans le sens de rendre possible l'accès aux informations dont l'apprenant a besoin, au moment où il en a besoin.

Mais, il faut noter aussi que cet argument est essentiellement un point de vue technologique. Au niveau pédagogique, la véritable révolution aura lieu lorsque l'utilisateur moyen pourra retirer facilement l'information qui lui est utile des serveurs connectés en réseau et de l'organisation des connaissances diffusées dans les CD-ROMs. Soulignons alors que la proportion des individus devenus utilisateurs des logiciels informatiques - même standards - reste encore faible. De plus, pour l'utilisateur moyen, l'ordinateur est un objet avec lequel il ne peut interagir que depuis à peine vingt ans et que les possibilités hypermédias sont encore bien plus récentes pour lui.

Autrement dit, si de multiples résultats sont connus sur les outils de navigation de l'hypertexte et sur leurs apports dans l'individualisation de l'acte d'apprentissage, il y a lieu de les appliquer à ce que peut représenter aujourd'hui l'hypertexte pour le grand public. Ce faisant, il s'agit de chercher certaines des conceptions des utilisateurs à propos de l'hypertexte et de ses principaux outils de navigation. Il s'agit aussi de mieux comprendre comment ces outils évoluent et comment ils favorisent des cheminements multiples, allant ainsi dans le sens d'une individualisation de la découverte de certains thèmes du savoir.

C'est ce que tente cette recherche en se centrant sur les CD-ROMs de vulgarisation, c'est-à-dire sur les hypertextes actuellement entre les mains du public, qui sont utilisés la plupart du temps hors d'un cadre scolaire et avec lesquels il va se familiariser avec ce type d'organisation de contenus. De plus en comparant la navigation dans ces CD-ROMs avec celle possible dans le livre, cette recherche prend en compte les habitudes du public, issues de son expérience avec le texte imprimé et les modèles mentaux qu'il a pu construire ainsi. Enfin certaines études indiquent que l'étude de l'histoire des outils de lecture du livre peut apporter une meilleure compréhension de la navigation plurielle favorisée par l'hypertexte et l'hypothèse est posée que cette navigation plurielle n'est pas rendue possible par le support matériel (livre ou électronique) mais par ces outils de lecture et/ou de navigation.

Ce faisant, cette recherche veut amener des pistes de réflexion sur des apprentissages à entrevoir comme nécessaires aujourd'hui sur les outils de navigation, plus généralement sur les interfaces et sur la navigation dans le savoir, pour permettre une amélioration de l'association entre un corpus d'informations organisées et des outils de navigation, celle-ci étant vue comme un élément moteur dans la tâche de recherche d'information.

Le but ultime de ce travail est pensé comme devant déboucher sur des propositions de modules de formation, à destination des utilisateurs et des concepteurs d'hypertextes, conçus sur la base de l'ensemble des pistes évoquées ci-dessus. Ces propositions seront formulées dans la Conclusion.

PLAN SYNTHETIQUE DU MANUSCRIT

L'ensemble de ce travail est organisé selon les trois parties suivantes:

1. PARTIE 1:

PROBLEMATIQUE ET CHOIX METHODOLOGIQUES

- Chapitre 1: La problématique est composée de deux aspects essentiels. Les sections 1 à 3 cernent le problème de la navigation dans l'hypertexte et effectuent une revue des outils d'aide à la navigation. La section 4 pose la question centrale de ce travail doctoral et établit un état de l'art sur les recherches menées à propos des trois constats de manques (cf. Parties 2 et 3).
- Chapitres 2 et 3: Ils analysent les données d'une phase exploratoire de recherche faite avec un CD-ROM de vulgarisation sur le génome humain muni d'une table des matières présentée sous la forme d'une carte conceptuelle. Cette phase précise les limites de l'investigation menée à propos de la question sur le format de présentation à adopter pour la vue globale d'un hypertexte ainsi que la méthodologie à mettre en place pour bâtir l'expérience répondant à cette question.
- Chapitre 4: Il décrit les choix méthodologiques suivis pour répondre aux trois constats.

2. PARTIE 2:

HISTOIRE DES OUTILS DE LECTURE DU LIVRE

- Chapitres 5 à 7: Ils retracent une esquisse historique de l'évolution des outils de lecture du livre et des causes/conséquences de leur évolution sur les modes de lecture possibles.
- Chapitre 8: Il effectue un bilan de cette esquisse historique afin d'expliquer le passage de l'étude du livre à celle du CD-ROM.

3. PARTIE 3:

ANALYSE DES OUTILS DE NAVIGATION DU CD-ROM DE VULGARISATION

- Chapitre 9: Il analyse les outils de navigation proposés dans un choix de CD-ROMs de vulgarisation actuels afin d'établir une typologie de ces outils, de déterminer les modes de navigation mis en avant dans ces produits et de pouvoir comparer le rôle de ces CD-ROMs avec celui du livre.
- Chapitre 10: Il compare expérimentalement l'utilisation et la perception qu'ont les utilisateurs de deux versions d'une table des matières du CD-ROM de vulgarisation sur le génome humain: une carte conceptuelle et une table des matières analogue à celle des livres imprimés.

OUTILS DE LECTURE DU MANUSCRIT

Cette thèse étant axée sur les outils favorisant une navigation plurielle dans un corpus de connaissances, elle se devait de porter à ceux-ci un soin particulier qui mérite quelques explications.

En premier lieu, des outils de lecture permettent au lecteur d'organiser sa consultation. Une table des matières, une table des figures et une bibliographie permettent de mieux comprendre la logique de l'argumentation développée dans les différentes parties du manuscrit, de retrouver les schémas et tableaux principaux ainsi que les auteurs sur lesquels s'appuie cette recherche.

Chaque chapitre est introduit par un court résumé qui permet au lecteur de percevoir rapidement les différentes notions et résultats qui y sont présentés. Les en-têtes de page reprennent les titres des chapitres. Des notes de bas de page sont également utilisées pour compléter le texte lorsque c'est nécessaire. Elles sont numérotées de façon indépendante entre les différents chapitres.

Notons que les ressources bibliographiques ne sont rassemblées que dans la bibliographie bien que cette disposition oblige certains lecteurs à de fastidieux allers et retours entre le corps du texte et la bibliographie. Qu'ils veuillent bien nous en excuser. Nous préférons, quant à nous, lorsque les références bibliographiques sont insérées en notes de bas de page. Mais cela mélange ces références avec les notes, complémentaires au corps du texte. De plus, les

conventions d'écriture admises obligerait à utiliser le système des *ibidem* que nous ne trouvons ni clair ni pratique.

Un index alphabétique précise les pages où sont cités les auteurs auxquels nous nous référons. Il permet de suivre un autre mode de lecture.

En second lieu, un effort complémentaire est fait, en présentant les résultats de ce travail, pour offrir d'autres possibilités de cheminements dans les contenus de ce manuscrit. Ainsi, deux niveaux de lecture sont proposés dans le corps des chapitres. Le texte, calligraphié en couleur noire, permet de suivre le détail de l'argumentation liée aux entrées de la table des matières. Des encadrés, calligraphiés en couleur rouge, soulignent les points importants décrits dans la partie du texte qui les précède.

Enfin, les discussions sur les résultats, amenés par les chapitres des parties 2 et 3, sont insérées dans ces chapitres au travers de sections spécifiques, indiquées comme telles dans la table des matières. La conclusion effectue une synthèse globale de l'ensemble des résultats obtenus dans ces deux parties.

**PROBLEMATIQUE
ET CHOIX METHODOLOGIQUES**

1

2

3

PARTIE

CHAPITRE 1

QUELS OUTILS DE NAVIGATION POUR LE CD-ROM DE VULGARISATION?

La notion d'hypertexte repose sur quatre notions:

- Les nœuds: on distingue les nœuds atomiques (un seul concept) et les nœuds composites qui sont plus répandus (plusieurs nœuds atomiques regroupés et traités comme un nœud unique de l'hypertexte).
- Les liens: on distingue des liens organisationnels (associés à une structure hiérarchique), des liens de référence (associés à une structure en réseau) et des liens par mots-clé.
- La structure: il en existe trois types principaux: la chaîne, la hiérarchie, le réseau. Un hypertexte peut être vu comme une structure hiérarchique où des liens de référence introduisent une structure en réseau.
- Les chemins: les liens établissent une relation, entre un nœud-source et un nœud-destination, que l'utilisateur d'un hypertexte peut suivre.

Cette description établit une analogie entre le cheminement d'une personne dans un espace réel et l'activité de base de l'utilisateur d'un hypertexte considérée alors comme une navigation. Cette métaphore globale permet de mieux comprendre ce cheminement en introduisant la notion de carte cognitive (représentation de la topologie des lieux de l'espace) que l'utilisateur construit au fur et à mesure de sa navigation et qui augmente l'efficacité de celle-ci.

Intégrer à l'interface une vue globale qui montre la structure des contenus de l'hypertexte sous une forme simplifiée, est considéré comme la solution principale aux deux grands problèmes liés à la navigation de l'utilisateur: la désorientation dans l'espace d'informations et la surcharge cognitive due aux multiples activités mentales mises en jeu lors de la navigation.

Parce que naviguer dans un hypertexte c'est avant tout se construire des buts, les maintenir et s'orienter dans le système pour les réaliser, cette vue globale

de l'hypertexte doit d'abord aider l'utilisateur à comprendre comment trouver l'information qu'il cherche et jouer ainsi un rôle similaire à celui de la table des matières d'un livre imprimé. Une telle activité de recherche d'information repose sur les stratégies de navigation (libre et dirigée) que l'utilisateur met en place en employant cet outil d'aide à la navigation et ses modèles mentaux (sur les stratégies et les outils).

Avec les textes imprimés, ceux-ci sont relativement bien compris. Les textes sont surtout consultés de façon séquentielle et reposent sur des structures très répandues - par exemple rhétoriques - dont les lecteurs s'aident pour trouver la partie d'un texte où chercher un type donné d'information. Les modèles mentaux, liés à une telle recherche dans un hypertexte, sont nettement moins bien connus. La fonction des liens intervient sans doute dans leur construction et l'utilisation d'une vue globale de la structure de l'hypertexte doit être étudiée.

Cette interrogation sur le devenir de la table des matières dans l'hypertexte, et de ses autres outils de navigation, est particulièrement pertinente dans le contexte actuel où les CD-ROMs de vulgarisation commencent à toucher le grand public. Et trois points plus précis sont à considérer.

Le premier est relatif à la caractéristique de non linéarité de l'hypertexte. Elle est engendrée par les outils de navigation et non par le support électronique, contrairement à ce qui est prétendu habituellement. L'étude de l'histoire des outils de lecture du livre devrait permettre de le montrer.

Le second concerne les outils de navigation proposés dans les CD-ROMs actuels de vulgarisation. Quels types de navigation et quels modèles mentaux de l'hypertexte induisent-ils? L'analyse d'un échantillon de CD-ROMs de vulgarisation scientifique est envisagée pour répondre à cette question.

Le troisième propose une comparaison expérimentale de deux formats de présentation d'une vue globale de la structure des contenus d'un hypertexte, jouant le rôle de table des matières. Quel format est plus efficace pour une recherche d'information: une table des matières classique ou une carte conceptuelle au sens de Novak (un réseau de propositions signifiantes)?

Cette expérience compare ces deux formats et repose sur les points importants d'expériences antérieures (absence/présence de liens sémantiques explicites, aspects symbolique et graphique, prégnance des modèles mentaux liés aux outils de lecture du livre, familiarité des utilisateurs avec un hypertexte), plutôt en faveur d'une telle carte mais dont les conclusions ne sont pas généralisables.

Une recherche exploratoire est envisagée pour obtenir des premières données sur la façon dont une carte conceptuelle est perçue par des utilisateurs et pour vérifier que les auteurs d'un CD-ROM parviennent à construire une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle.

1. LA STRUCTURE CONCEPTUELLE DES HYPERTEXTES

1.1 Une structure de nœuds et de liens offrant des chemins

Les termes hypertexte et hypermédia se réfèrent tous deux à un système informatisé où des documents constituent une structure parce qu'ils sont regroupés par des liens. Le préfixe "hyper" est employé pour montrer que la structure est importante (Woodhead N., 1991). Au contraire, dans le terme multimédia, le préfixe "multi" indique que les documents peuvent contenir différents médias - texte, image et son - sans que l'aspect structurel de ces documents soit important.

C'est avec l'évolution technologique, qui émerge dans l'informatique grand public à la fin des années 1980 et qui permet l'intégration de tous les médias dans n'importe quel document numérique, que l'arrivée de l'hypermédia élargit le concept antérieur d'hypertexte en incluant des liens entre des documents contenant aussi des éléments visuels et sonores (Landow G. P., 1992).

Mais le terme hypermédia est galvaudé comme peut l'être celui de multimédia. Il est préférable d'utiliser le terme d'hypertexte, même pour indiquer une structure de documents contenant plusieurs médias¹. Cela n'est pas gênant au demeurant: le terme texte est employé lui aussi de façon générique pour désigner des documents où l'on rencontre des images.

Dans les définitions de l'hypertexte, rencontrées dans la littérature, le terme de nœud est employé bien plus souvent que celui de document. Bien des chercheurs basent l'hypertexte sur les deux notions de nœuds et de liens (Conklin J., 1987; Akscyn R. M., 1988; Nielsen J., 1990a; McKnight C., 1991).

Les précurseurs du texte électronique font déjà intervenir des notions analogues à celles de nœuds et de liens lorsqu'ils veulent définir le système, encore imaginaire, qu'ils évoquent. Juste après la seconde guerre mondiale, dans le texte reconnu par tous comme celui qui fait naître la notion d'hypertexte, V. Bush décrit un système, qu'il appelle "Memex", où n'importe quel item - un nœud - peut être relié - un lien - à n'importe quel autre item selon le principe d'une indexation associative calquée sur la façon dont l'auteur pense que le cerveau associe des idées entre elles (Bush V., 1945).

Deux autres notions interviennent aussi dans les définitions de l'hypertexte: celle de structure et de chemin. Les liens entre les nœuds forment en effet une

¹ Evidemment, le terme hypermédia est aussi employé dans les chapitres suivants. Sauf indication spécifique, il est néanmoins utilisé dans le sens d'une structure de documents.

structure qui demeure implicite lorsque l'hypertexte est défini seulement avec les deux notions de nœuds et de liens²: "one can envision hypermedia as a system of relationships (liens) between information units (nœuds)" (Shirk H. N., 1992) .

L'hypertexte est cependant défini bien plus explicitement lorsque la notion de structure est employée: "Hypertext is an approach to information management where you store information in a network of nodes and connect the nodes with links (Seyer P., 1991). La notion de structure est employée très souvent pour définir l'hypertexte (Engelbart D. C., 1968; Trigg R. H., 1983; Laufer R., 1992; Boyle T., 1997).

Cette notion apparaît d'ailleurs très tôt, par exemple au cours d'une conférence donnée en 1936 par H. G. Wells qui décrit l'idée d'une encyclopédie universelle³ dont il voit l'organisation étendue comme un réseau - une structure nerveuse (Wells H. G., 1938).

Nelson, qui introduit le terme hypertexte en 1965, explique que dans son système de stockage et de recherche d'information, le corpus de documents est continuellement en expansion et que de "new links and windows can continually add new access pathways to old material" (Nelson T. H., 1980). Il met ainsi en avant l'idée des chemins que constituent les liens insérés entre les différents nœuds tout comme d'autres chercheurs ultérieurement (Yankelovich N., 1988, p. 81; Balpe J.-P., 1990, p. 16).

Bush souligne aussi cet aspect et voit l'intérêt des multiples chemins mémorisés par son système "Memex" dans la formation de nouveaux livres: "when numerous items have been thus joined together to form a trail, they can be reviewed in turn (...). It is exactly as though the physical items had been gathered together to form a new book" (Bush V., 1945).

La définition d'hypertexte prend donc des formes très variées et cela est sans doute causé en partie par le fait que les hypertextes peuvent être bien différents. Certains ont d'ailleurs mis au point des procédures pour savoir s'ils ont affaire ou non à des hypertextes (Gygi K., 1990). Cette variété trouve ses racines dans les points de vue originaux, radicalement différents, qui ont motivé l'idée de l'hypertexte chez ses précurseurs.

Avec son système "Memex", Bush voit l'hypertexte comme quelque chose de naturel puisque reproduisant l'esprit humain et, dans cette perspective, l'hypertexte devrait être facile à utiliser. Engelbart, au contraire, construit sa

² La représentation mentale créée à partir d'une telle description est celle d'un réseau, d'une structure.

³ En cela, certains voient Wells comme l'un des premiers à avoir anticipé l'idée de l'hypertexte.

notion d'hypertexte, autour de l'environnement "Augment", pour étendre les possibilités humaines et l'utilisateur d'un tel système devrait alors pouvoir réaliser des choses impossibles sans lui (Engelbart D. C., 1963).

- La notion d'hypertexte repose sur quatre notions: les nœuds, les liens, la structure et les chemins formés par ceux-ci.
- Ces chemins constituent de nouveaux livres et sont la base de l'intérêt de l'utilisation des systèmes hypertextes.

1.2 Différents types de structures, de nœuds et de liens

On peut trouver différentes structures comme résultats de l'association des multiples nœuds et liens d'un hypertexte. L'étude, qui reste à ce sujet la plus détaillée, distingue les six types de structures définis dans la Figure 1 (d'après Parunak H., 1991a) .

Type de structure	Définition et description
linéaire	<ul style="list-style-type: none"> • Un nœud a au plus un parent et un enfant: la structure est une chaîne. • Si chaque nœud a exactement un parent et un enfant, la structure est une boucle.
hiérarchique	<ul style="list-style-type: none"> • Un nœud n'a pas de parent; tous les autres nœuds n'ont qu'un seul parent: la structure est un arbre.
hypercube et hypertore	<ul style="list-style-type: none"> • Dans un hypercube, chaque nœud est à l'intersection de deux chaînes linéaires ou plus: la structure est analogue à celle d'un plan de rues orthogonales. • Un hypertore est un hypercube où les extrémités de chaque chaîne sont reliées.
graphe dirigé acyclique	<ul style="list-style-type: none"> • La seule règle de construction d'un tel graphe est qu'il n'y ait aucune boucle dans le réseau: la structure est celle d'un arbre avec des liaisons possibles entre différentes branches.
groupé	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe des régions ayant une grande densité de liens qui sont reliées par des liens épars.
arbitraire	<ul style="list-style-type: none"> • N'importe quel ensemble de nœuds reliés: il y a l'arbitraire complet (beaucoup de liens par rapport aux nœuds) et l'arbitraire partiel (beaucoup de nœuds par rapport aux liens).

Figure 1: Les types de structure d'un hypertexte

De nombreuses variantes existent, entre les auteurs, dans cette catégorisation. Par exemple, les termes employés pour dénommer les différents types de structures peuvent varier. Signalons ainsi, par exemple, l'appellation de "hiérarchique compromis" pour le graphe acyclique dirigé (Woodhead N., 1991, p. 122). Mais les principes employés pour définir ces catégories de structures restent identiques chez tous les chercheurs: ils mettent en avant l'idée de nœuds parents et de nœuds enfants. Toutefois, dans de nombreux cas, les auteurs distinguent seulement trois types principaux de structures: la chaîne, la hiérarchie et le réseau. Ils attribuent à la chaîne la propriété d'être linéaire et

cela induit une confusion à propos de l'hypertexte qui est discutée ultérieurement (cf. section 4.2).

Détailler une telle catégorisation des structures possibles de systèmes hypertextes ne semble guère pertinent si cette catégorisation est faite dans l'abstrait. On ne peut penser en effet à aucune structure d'informations valable d'une façon générale et pour tous les usages. Certains chercheurs pensent dépasser ce problème en proposant des structures simplement appelées "web" dans lesquelles: "anything can be linked to anything else; associations are not bound to strict rules" (Brockmann R., 1989, p. 184).

Mais, c'est la définition des liens et des nœuds qui permet de définir les structures hypertextes de façon moins abstraite. Le modèle prédominant distingue des liens organisationnels, des liens de référence et des liens par mots-clé (Conklin J., 1987). Tous ces liens établissent une relation entre un nœud-source (nœud parent) et un nœud-destination (nœud enfant).

Les liens organisationnels sont définis comme constituant la base d'une structure hiérarchique en étant du type "est un" ou "fait partie de"⁴. Les liens de référence, que d'autres appellent associatifs (Hara Y., 1991), sont transversaux par rapport à la hiérarchie et définissent plutôt un réseau. Leur dénomination provient du fait que le nœud-source du lien agit comme une référence. Les liens par mots-clé sont indépendants de la structure et constituent des liens implicites alors que les deux premiers sont des liens explicites.

Un autre modèle définit les liens, et les nœuds, organisationnels comme des objets ayant pour but de structurer l'hypertexte et pouvant être utilisés pour organiser les contenus de différentes manières (Thüring M., 1991). Ils ne sont donc pas associés à une structure hiérarchique mais assurent la cohérence globale de la structure de l'hypertexte et sont distingués, dans ce modèle, des liens et des nœuds de contenu. Les nœuds de contenus contiennent les parties textuelles et graphiques des documents de l'hypertexte et les liens de contenu indiquent les relations entre de tels nœuds: le plus souvent des relations sémantiques entre les nœuds de source et de destination.

Un troisième type de classification des liens différencie des liens globaux et des liens locaux (Zeller P., 1997). Les liens globaux sont associés à un outil à partir duquel l'utilisateur peut choisir de naviguer vers une multitude de documents, d'où le terme global. Un lien local est, au contraire, une liaison entre deux documents. Il correspond à une zone active dans un document.

⁴ De nombreuses typologies ont été établies pour tenter de pouvoir exprimer toutes les relations hiérarchiques entre deux concepts à partir d'un nombre restreint de liens. L'une des premières typologies globales de liens (organisationnels et de référence) est sans doute celle de Trigg qui distingue 80 types de liens (Trigg R. H., 1983).

En ce qui concerne exclusivement les nœuds, le modèle prédominant distingue les nœuds atomique et composite (Halasz F. G., 1988). Le nœud atomique est constitué d'un seul concept, d'une seule idée. Le nœud composite, que d'autres appellent structuré (Thüring M., 1991), est constitué de plusieurs nœuds atomiques collés ensemble et cette collection est traitée dans l'hypertexte comme un nœud unique. Il se rapproche de la notion de paragraphe dans un texte, avec le même flou sur les règles définissant son extension possible (Conklin J., 1987).

Ce sont le plus souvent des nœuds composites qui forment la structure de base des hypertextes. N'utiliser que des nœuds atomiques augmente la possibilité d'insérer un nœud particulier dans de multiples chemins. Mais, cela augmente en même temps la complexité du réseau d'une part et, d'autre part, la difficulté pour l'utilisateur de saisir la continuité des contenus auxquels il accède successivement en suivant différents liens.

Les notions de nœud et de lien restent très générales. Il n'existe aucune règle générale précisant la grandeur d'un nœud ou ce qu'il doit contenir. De façon similaire, il n'y a pas non plus de règle stricte définissant ce qui est lié à quoi. Aussi la structure de l'hypertexte est un concept peu unitaire, une chose qui n'est pas unique et qui ne semble pas pouvoir être définie plus précisément qu'en terme de nœuds et de liens.

Considérer une structure particulière comme représentative d'un hypertexte générique est donc très difficile. Les possibilités de définitions des nœuds atomiques et composites et les possibilités de liens entre eux sont multiples. De plus, les liens peuvent être uni ou bidirectionnels, autorisant ainsi, ou non, des allers et retours entre deux nœuds.

D'après Conklin, on peut cependant considérer la structure en réseau comme le principe de l'hypertexte (Conklin J., 1987). Une telle structure peut constituer le squelette d'un hypertexte parce que son organisation est très naturelle tant pour les auteurs que pour les utilisateurs. La structure en réseau de l'hypertexte provient alors des liens de référence qui peuvent être insérés dans la structure hiérarchique préexistante.

- Il existe six types de structure hypertextuelle et trois types principaux: la chaîne, la hiérarchie, le réseau.
- Le modèle prédominant de définition des liens distingue des liens organisationnels (associés à une structure hiérarchique), des liens de référence (associés à une structure en réseau) et des liens par mots-clé. Tous ces liens établissent une relation entre un nœud-source et un nœud-destination.
- En ce qui concerne les nœuds, le modèle prédominant distingue les nœuds atomique et composite. Les premiers sont constitués d'un seul concept. Les seconds sont constitués de plusieurs nœuds atomiques collés ensemble et cette collection est traitée dans l'hypertexte comme un nœud unique.

- L'utilisation de nœuds composites est plus commune. Elle simplifie la structure de l'hypertexte et augmente la compréhension de la navigation de l'utilisateur.
- Le squelette d'un hypertexte peut être vu comme une structure hiérarchique dans laquelle des liens de référence introduisent une structure en réseau. Celle-ci peut être posée comme principe de l'hypertexte.

2. L'UTILISATEUR NAVIGUE DANS UNE STRUCTURE

2.1 La métaphore de la navigation

L'une des principales voies de recherche sur l'hypertexte, dans le domaine de l'intelligence artificielle, dans celui des nouvelles technologies d'information et de communication appliquées à l'éducation et dans celui des interfaces homme machine, est l'étude des cheminements de l'utilisateur dans la structure hypertexte. Elle vise à évaluer la compréhension qu'a l'utilisateur de son cheminement et à essayer d'améliorer l'efficacité de celui-ci dans la structure conceptuelle de l'application hypertexte.

Un système hypertexte a, d'une façon générale, une finalité très différente de celle des programmes utilisés dans l'enseignement assisté par ordinateur (Gay G., 1991). Dans ces systèmes, les utilisateurs sont très dirigés par le programme qui a pour fonctions principales de déterminer les contenus à enseigner les plus appropriés pour l'élève, de diagnostiquer les difficultés de l'élève et d'adopter la meilleure stratégie d'enseignement (Mendelsohn P., 1991).

Le cheminement dans l'hypertexte est beaucoup plus libre et essayer d'aider l'utilisateur dans sa navigation en structurant l'hypertexte n'est pas suffisant. Pour que l'utilisateur navigue efficacement, il doit comprendre les relations entre les nœuds de l'hypertexte. Il est donc également nécessaire de rendre cette structure aussi explicite que possible afin que l'utilisateur puisse mieux préciser ses buts de navigation.

Le modèle qui est accepté largement pour cela est de fonder le cheminement dans l'hypertexte sur la métaphore de la navigation⁵. Elle repose sur l'analogie qui est faite entre le déplacement dans des espaces physiques réels et celui, abstrait, qu'effectue l'utilisateur d'un système hypertexte dans l'espace d'information que constitue celui-ci.

⁵ Le terme navigation a été employé jusqu'à maintenant presque par habitude. Il l'a été consciemment cependant du fait que c'est cette métaphore principale qui allait être employée.

La lecture de la littérature montre combien cette métaphore est largement répandue. Une large variété de termes, appartenant au champ sémantique du voyage et de la description d'espaces réels, est employée. Cette analogie avec une navigation s'est développée tant à propos des hypertextes diffusés sur CD-ROMs que pour des réseaux comme Internet. J. Attali en parle comme "d'un continent virtuel, le septième continent, où on pourra bientôt installer tout ce qui existe dans les continents réels, mais sans les contraintes de la matérialité" (Attali J., 1997).

Déjà, lorsque Bush définit l'utilisation de son "Memex", il en parle comme d'un cheminement qu'il assimile à celui possible dans le livre (Bush V., 1945). Il évoque ainsi de la manipulation d'un objet réel. Les théoriciens de l'hypertexte sont allés plus loin dans cette analogie en se basant sur les travaux des psychologues ayant travaillé sur le comportement des individus se déplaçant dans des villes et des bâtiments (Smyth M. M., 1987).

Ces travaux suggèrent que les individus forment petit à petit des cartes mentales, basées sur la topologie de l'environnement exploré, au fur et à mesure que leur expérience s'accroît. Cette construction semble s'effectuer en quatre étapes⁶: la reconnaissance de points de repère, la formation de routes, la formation de cartes partielles, la formation de cartes globales (Siegal A. W., 1975). Une analogie est faite entre une telle carte mentale et la notion de carte cognitive⁷, initialement pensée comme analogue à la disposition physique de l'environnement (Tolman E. C., 1948).

Les différentes stratégies possibles de navigation dans un environnement géographique, considérées en fonction de l'intervention des éléments constituant la carte cognitive (cf. Figure 2, d'après Parunak H., 1991a), montrent l'importance de celle-ci dans la navigation. En effet, ces stratégies indiquent que si l'utilisateur a stocké une représentation de l'espace dans sa mémoire sémantique, il peut utiliser les éléments constituant cette représentation pour naviguer plus efficacement.

Utiliser cette métaphore pour l'hypertexte, c'est-à-dire considérer le cheminement de l'utilisateur de façon analogue à une navigation dans un espace réel, a ses limites. La caractéristique abstraite de la connaissance la distingue fondamentalement d'un environnement physique dans lequel des repères tangibles existent réellement et peuvent être employés pour naviguer. De plus l'utilisation d'un environnement informatique limite également cette

⁶ En toute généralité, ces étapes ne se construisent pas selon la chronologie que suggère la liste de ces étapes.

⁷ C'est seulement une analogie car il semble que la carte mentale formée ne soit pas stockée telle quelle dans l'esprit de la personne mais plutôt compilée en fonction de la tâche à effectuer. De plus la carte n'est pas nécessairement stockée dans le cerveau sous la forme d'une photographie de l'environnement; elle pourrait l'être sous forme d'une collection de propositions.

analogie. Il montre de façon moins transparente la structure d'informations que ne le fait, par exemple, un objet matériel comme le livre. La manipulation d'information peut aussi être très différente d'un environnement à l'autre. Enfin, la possibilité de créer de nombreuses structures à partir du même corpus d'informations augmente encore la difficulté potentielle de navigation des utilisateurs dans un hypertexte (Dillon A., 1990).

Stratégie	Basée sur / Nécessite	Avantages	Désavantages
Identificateur	donnée d'un identificateur unique, c'est-à-dire d'une description de l'endroit à atteindre	comme composante d'une autre stratégie	demande une navigation exhaustive à travers tous les endroits avant que l'identificateur soit reconnu
Chemin	donnée d'une description pas à pas (procédurale) de la route menant à la cible	utilisable quand le nombre de routes quittant un lieu est faible par rapport au nombre total de lieux	si le nombre de routes est grand par rapport au nombre total de lieux
Vue globale	donnée d'une direction à suivre et du cadre global dans lequel sont les lieux	pas besoin d'une navigation exhaustive	peut demander une grande précision de direction

Figure 2: Une carte cognitive pour naviguer dans un espace réel

Néanmoins les formats de présentation adoptés dans de nombreux hypertextes, et plus généralement dans les logiciels informatiques, sont basés sur des fenêtres et des icônes qui donnent une certaine matérialité à l'espace abstrait d'informations. La métaphore de la navigation trouve ici sa validité car les objets abstraits, par exemple les nœuds de l'hypertexte, sont ainsi directement associés à des objets perceptifs se rapprochant d'objets réels; des idées peuvent être entrevues ainsi comme des objets (Kay A., 1977).

- Le cheminement de l'utilisateur dans l'hypertexte est généralement très libre. Pour augmenter l'efficacité et la compréhension de son cheminement, une analogie avec la navigation dans les espaces réels est très répandue.
- Plus une personne explore un espace, plus elle construit une carte cognitive (représentation de la topologie des lieux de l'espace). Plus cette carte est construite, plus la navigation de la personne est efficace.
- La métaphore de la navigation employée pour l'hypertexte a des limites (caractéristiques abstraites de la connaissance et de l'environnement informatique). Mais représenter les objets abstraits de l'hypertexte sous la forme de fenêtres ou d'icônes, les rend perceptifs et donc plus proches d'objets réels.

2.2 Désorientation et utilité d'une vue globale

L'étude des difficultés que peut rencontrer l'utilisateur lors de son cheminement dans un hypertexte, se développe autour de deux grandes problématiques:

l'orientation dans un espace et la charge cognitive. Dans ce contexte, Conklin a signalé deux problèmes essentiels: la désorientation et la surcharge cognitive (Conklin J., 1987) et de nombreuses expériences ont confirmé leur réalité (cf. Annexe 1.2).

Le problème de la désorientation est construit sur l'analogie entre les navigations dans un espace réel et dans un hypertexte. Il indiquerait l'absence ou l'inexactitude de la représentation cognitive de l'espace informatif construite par l'utilisateur. Dire que l'utilisateur se sent désorienté dans un hypertexte, ou est perdu dans la structure en réseau, peut donc signifier tout à la fois (Elm W. C., 1985; Edwards D. M., 1989; Foss C. L., 1989a):

- qu'il a perdu son chemin;
- qu'il n'a pas une conception claire des liens conceptuels;
- qu'il ne connaît pas sa localisation présente relativement à l'ensemble de la structure;
- qu'il trouve difficile de revenir à l'écran immédiatement précédent de son cheminement;
- que son habilité à extraire l'information nécessaire pour résoudre avec succès certaines tâches diminue (par exemple: il ne sait plus décider du prochain lien qu'il va suivre, il sait où aller mais pas comment y aller).

La surcharge cognitive, créée par la navigation dans l'hypertexte, peut être définie comme l'excès de traitements d'information à réaliser ou d'informations à retenir. Toute activité cognitive implique une charge cognitive qui dépend de la nature et du nombre d'opérations à réaliser dans un temps donné. La consultation d'un hypertexte nécessite des opérations comme la compréhension du découpage des contenus en nœuds, celle du passage d'un nœud à l'autre par des liens et l'identification des nœuds et des liens⁸. Son expérience de la lecture du texte imprimé ne peut aider l'utilisateur de l'hypertexte que dans une certaine mesure seulement parce que ces opérations sont nouvelles ou reposées d'une nouvelle manière lors d'une navigation dans un hypertexte. Son utilisateur cumule donc les tâches: tâches de navigation, tâches informationnelles et tâches de gestion des deux tâches précédentes (Hanhwe K., 1995). Cette surcharge cognitive est encore augmentée parce que les conventions de lecture/discours ne sont pas établies pour l'hypertexte et parce que, bien sûr, les responsabilités de choix de l'utilisateur y sont plus importantes.

Toute une discussion existe dans la littérature sur les causes du phénomène de désorientation. Est-il dû à la richesse des liens ou à la présentation des nœuds? (Nielsen J., 1990a; Rouet J.-F., 1992; Stanton N. A., 1994). Cette

⁸ Le problème de la surcharge cognitive, issue de la navigation dans un hypertexte, est donc intrinsèquement lié à celui de la désorientation. Dans la suite, l'évocation du problème de la désorientation inclut celui de la surcharge cognitive.

discussion place ce phénomène dans le contexte plus large de la navigation dans des environnements informatisés d'informations (bases de données, systèmes de fichiers) dans lesquels la navigation est reliée à la communication de la structure de l'environnement à l'utilisateur. On peut alors considérer que le problème de la désorientation n'est pas spécifique à l'hypertexte mais est également lié à la notion d'interface utilisateur (Dieberger A., 1994).

Pour diminuer la désorientation, le nombre des liens contrôlés par l'utilisateur pourrait être limité en lui proposant, par exemple, des tours guidés qu'il n'a plus qu'à suivre: ce sont des chaînes d'un assez grand nombre de nœuds où le déplacement n'est possible que par des pas en avant et en arrière. Cette option va cependant à l'encontre du principe de réseau de l'hypertexte.

Si il est décidé de laisser une plus grande liberté de navigation à l'utilisateur, des historiques de son cheminement ou des marque-pages peuvent être proposés pour lui permettre de refaire facilement le même cheminement ou de retourner directement à des nœuds déjà visités⁹.

Ces deux solutions sont valables pour aider l'utilisateur sur des chemins déjà parcourus. Mais pour l'aider à se diriger avant toute navigation, ou dans une partie de l'hypertexte qu'il n'a encore jamais explorée, c'est la donnée d'une vue globale de l'hypertexte qui semble constituer la solution adéquate.

On pourrait penser aussi à l'insertion d'indices d'orientation très visibles et distincts avec lesquels différents nœuds particulièrement importants peuvent être repérés facilement. Mais cela obligerait l'utilisateur à naviguer exhaustivement à travers le réseau jusqu'à ce qu'il repère de tels identificateurs (cf. Figure 2). Elle l'oblige de même à une navigation au hasard jusque-là.

De nombreuses solutions et approches sont proposées pour diminuer la désorientation et la surcharge cognitive (Tricot A., 1993). De nombreux arguments sont invoqués pour montrer l'importance de l'utilisation d'une vue globale, de l'ensemble ou d'une partie de l'hypertexte. Les points considérés dans la littérature pour définir cette vue mettent en avant deux aspects à prendre en compte: son format et sa fonction¹⁰.

1. En ce qui concerne son format:

- Elle peut prendre la forme d'un réseau sémantique¹¹ par analogie

⁹ Une liste complète des outils d'aide à la navigation est donnée dans le paragraphe 3.2.

¹⁰ La liste donnée donne les idées principales exprimées relativement à l'idée d'une vue globale de l'hypertexte. Pour compléter cette vision, il peut être utile de se référer à la revue faite sur la littérature publiée à propos de comparaisons expérimentales effectuées sur les différents outils de navigation de l'hypertexte (cf. paragraphe 4.4).

¹¹ Le réseau sémantique apparaît initialement dans le domaine de l'intelligence artificielle, avec les travaux de Quillian sur la mémoire sémantique, sous la forme d'une organisation

directe avec le réseau hypertexte et ses deux éléments constitutifs principaux: les nœuds et les liens. Une telle représentation a l'avantage d'être naturelle à utiliser (Conklin J., 1987).

- Elle doit adopter la forme d'un réseau sémantique car la structure informationnelle de l'hypertexte reflète mieux ainsi la structure sémantique de la mémoire humaine (Fiderio J., 1988 cité dans Jonassen D. H., 1993).
- Elle doit plutôt reposer sur l'utilisation d'un graphique¹² que d'un texte. Elle favorise ainsi la construction plus directe chez l'utilisateur d'un modèle mental¹³ de ce qu'elle représente et de sa fonction (Chun D. M., 1997).

2. En ce qui concerne sa fonction:

- Elle a pour but de favoriser le développement d'une carte cognitive de l'espace d'information constitué par l'hypertexte et donc de faciliter sa navigation (Monk A. F., 1988; Kulhavy R. W., 1993).
- La première utilité de la vue globale, vue comme un réseau sémantique, est d'organiser la structure des contenus de l'hypertexte selon la structure sémantique d'un expert et de montrer cette structure afin d'augmenter l'apprentissage des contenus chez les utilisateurs (Jonassen D. H., 1990).
- Une vue globale, sous une forme graphique qui montre la structure des nœuds et des liens de l'hypertexte, est une solution d'aide pour la navigation: elle oriente l'utilisateur dans l'espace de l'hypertexte en agissant comme des tables des matières à deux dimensions (Nielsen J., 1990b).
- Elle peut permettre de rendre plus explicites les contextes du nœud source et du nœud destination. L'utilisateur a alors un contrôle plus grand sur les transformations se passant à l'écran lorsqu'il suit un lien et donc une meilleure compréhension de sa navigation (Hardman L., 1993).
- Elle doit être rétrospective en ce sens qu'elle doit permettre de retracer le cheminement de l'utilisateur. Elle doit être aussi prospective en permettant à l'utilisateur de visualiser les possibilités futures auxquelles pourraient conduire ses choix (Depover C., 1993).
- Elle joue le rôle d'ancrage entre les informations de l'hypertexte (les documents) et "la connaissance qu'a l'ordinateur" (sic) de l'utilisation qui est faite de ces documents: il peut y avoir plusieurs structures

hiérarchique de concepts. La notion de réseau sémantique s'étend ensuite vers une représentation graphique de connaissance, formant un réseau, dans laquelle des concepts sont représentés comme des nœuds et des interdépendances sémantiques entre ces concepts sont représentées comme des liens entre eux (Raynal F., 1997).

¹² Ce terme est pris au sens de Bertin qui définit un graphique comme une représentation matérielle organisée spatialement (Bertin J., 1977)

¹³ La notion de modèle mental est définie dans le paragraphe 3.4.

d'information, l'utilisateur peut être modélisé en fonction de ses cheminements antérieurs, etc. (Nanard M., 1995).

- La navigation de l'utilisateur recouvre un ensemble d'activités mentales: compréhension, recherche d'informations, résolution de problèmes, apprentissages. La vue globale de l'hypertexte doit donc d'abord aider l'utilisateur à comprendre comment trouver l'information qu'il cherche avant de pouvoir l'aider à apprendre (Tricot A., 1996).

Le format de la vue globale recherchée ne semble pas générer de polémique particulière: c'est celui d'un réseau sémantique¹⁴. L'analogie entre celui-ci et les objets élémentaires de la structure de l'hypertexte, les nœuds et les liens, est forte. Le réseau sémantique bénéficie également de deux autres avantages pour devenir une telle vision d'ensemble.

En premier lieu, il met l'accent sur l'importance de la dimension sémantique des liens entre les nœuds. La compréhension du réseau que peut construire une personne le consultant peut être facilitée puisque les propositions, constituées des nœuds et des liens, sont ainsi signifiantes (Marchionini G., 1988). En second lieu son aspect graphique, proche de l'image, doit aussi faciliter la compréhension de ce qu'il représente et de son rôle.

Sa fonction appelle par contre plus de commentaires. Il est dit que la vue générale doit d'abord diminuer la surcharge cognitive de l'utilisateur et elle peut y contribuer d'une première façon en facilitant la construction d'une carte cognitive de l'espace de l'hypertexte (compréhension et mémorisation). Mais gardons en tête que le but ultime de la navigation dans l'hypertexte n'est pas de comprendre, et de mémoriser, cet espace abstrait tout comme le but ultime du déplacement d'une personne n'est pas de comprendre l'espace réel dans lequel elle se déplace. La compréhension de l'espace permet de mieux adapter sa stratégie de navigation pour atteindre un endroit déterminé et y faire quelque chose.

On pourrait critiquer également l'argument de Jonassen: la première utilité de la vue globale est de structurer l'hypertexte sous la forme du réseau sémantique d'un expert parce que, en le voyant, l'utilisateur apprend ainsi mieux les contenus du fait, en particulier, que la mémoire humaine est censée fonctionner sous cette forme.

En effet, les modèles théoriques constructivistes du processus d'apprentissage montrent que la structure cognitive d'un apprenant, c'est-à-dire ses connaissances, repose en particulier sur des faits, des concepts et des

¹⁴ La validité de l'analogie employée par Jonassen, entre le réseau sémantique et la forme de la mémoire humaine, pour justifier le fait que la vue générale doit prendre la forme d'un réseau sémantique est précisée plus loin.

relations organisés hiérarchiquement (Ausubel D. P., 1968). Selon ces modèles, l'apprentissage dépend essentiellement de la quantité, de la clarté et de l'organisation des connaissances dont l'apprenant dispose déjà. Il ne dépend pas essentiellement des connaissances d'un expert.

De plus l'apprentissage consiste en la création de liaisons entre les connaissances antérieures de l'apprenant et de nouveaux faits ou concepts. Et Ausubel montre bien que "des vues générales sont peu efficaces pour apprendre car leur influence sur la structure cognitive agit plutôt rétroactivement à la tâche d'apprentissage" (Ausubel D. P., 1973, p. 316). Il est alors étonnant que Jonassen dise amener un résultat nouveau en montrant qu'une vue générale d'un hypertexte, ayant la forme du réseau sémantique d'un expert, n'est pas adéquate pour transformer directement la propre carte mentale de l'utilisateur (Jonassen D. H., 1993).

La vérification expérimentale de l'hypothèse de Jonassen sur le rôle d'une vue générale aurait été surprenante. Elle signifierait que pour apprendre, il suffit de voir une représentation de connaissances adaptée à sa structure cognitive. De plus, par rapport à l'utilisation de l'hypertexte, cette hypothèse ne prend pas en compte les résultats plus récents de Tricot sur la navigation.

Ils montrent que le but ultime de la navigation dans un hypertexte n'est pas forcément l'apprentissage et que, si c'est le cas, d'autres activités mentales de l'apprenant interviennent également dans le processus de navigation qu'il met en place. En particulier il doit d'abord trouver les informations qu'il cherche et le concepteur, avec une vue générale, doit alors permettre à l'utilisateur de localiser des informations et de comprendre les liens qu'il y a entre elles et le système¹⁵ (Tricot A., 1995).

Ces résultats sont cohérents avec ceux qui montrent que la navigation dépend beaucoup de la tâche effectuée par l'utilisateur: exploration libre, recherche d'informations pour répondre à des questions, etc. Les effets d'une vue globale de l'hypertexte, tout comme ceux de l'hypertexte en entier, dépendent donc surtout de l'exploitation pédagogique qui en est faite (Zeller P., 1997).

La fonction d'une telle vue générale est donc d'orienter l'utilisateur dans l'espace de l'hypertexte: elle correspond plutôt à celle de la table des matières d'un livre imprimé pressenti par Nielsen. Du fait de ce rôle, deux aspects de la vue générale prennent également une grande importance. D'une part, elle doit permettre une meilleure compréhension du contexte conceptuel dans lequel se trouve l'utilisateur en navigant. D'autre part, elle a une caractéristique

¹⁵ La vue générale, sous la forme d'une carte, peut participer, avec les contenus, à l'évolution des conceptions de l'utilisateur et donc de sa structure cognitive. Mais ce résultat de compréhension de contenus et ce rôle de la vue générale ne sont atteints que dans une phase ultérieure à celle évoquée ici.

prospective en permettant à l'utilisateur de visualiser les possibilités futures auxquelles pourraient conduire ses choix¹⁶.

- L'étude de la navigation dans l'hypertexte se développe notamment autour de deux grandes problématiques: l'orientation dans l'espace et la charge cognitive. Deux grands problèmes étudiés sont la désorientation et la surcharge cognitive.
- De nombreuses solutions et approches peuvent diminuer la désorientation qui peut s'articuler avec la notion d'interface utilisateur. Il est intéressant d'envisager celle de l'utilisation d'une vue générale comme outil d'aide à la navigation.
- La navigation est une combinaison de diverses activités mentales de l'utilisateur: compréhension, recherche d'informations, résolution de problèmes, apprentissages. La vue globale de l'hypertexte doit donc d'abord aider l'utilisateur à comprendre comment trouver l'information qu'il cherche avant de pouvoir l'aider à apprendre.
- Elle doit donc jouer un rôle similaire à celui de la table des matières d'un livre imprimé et doit ainsi rendre plus explicite le contexte informationnel dans lequel se trouve l'utilisateur et avoir un rôle prospectif.

3. LA TACHE DE RECHERCHE D'INFORMATION

3.1 Recherche d'informations, outils et modèles mentaux

Etant donné que la recherche d'informations est une activité passant avant l'apprentissage de contenus et étant donné l'importance de la vue générale des contenus de l'hypertexte, la suite de cette recherche est centrée sur une analyse plus approfondie de la tâche de recherche d'informations et des outils, aidant cette recherche, qui peuvent être construits sur la base d'une vue générale.

Trois niveaux d'analyse sont à considérer pour spécifier les tâches de recherche d'informations. Il y a le modèle rationnel de la tâche¹⁷, le modèle cognitif de la tâche¹⁸ et l'activité cognitive¹⁹. Pour chacun de ces niveaux, il

¹⁶ Ces deux aspects sont intimement reliés. L'hypertexte permet à l'utilisateur d'effectuer de multiples changements de contexte très rapides (une action sur la souris), surtout avec les liens associatifs, qui peuvent augmenter le phénomène de désorientation. Dire d'un outil qu'il est prospectif, c'est dire qu'il rend plus explicite le contexte du noeud-destination avant que l'utilisateur ait activé le lien qui lui permet d'y accéder à partir du noeud-source. Comme les liens sont, en toute généralité, bidirectionnels, ce sont les deux contextes de ces deux noeuds qui sont rendus plus explicites par un outil prospectif.

¹⁷ C'est la façon la plus efficace d'obtenir l'information recherchée; autrement dit c'est le type de stratégie de recherche à mettre en œuvre.

¹⁸ C'est la façon dont l'individu se représente la tâche; autrement dit c'est le modèle mental de

faut définir les buts, les moyens et l'environnement de la tâche (cf. Figure 3, d'après Rouet J.-F., 1995).

	But	Moyen	Environnement
Modèle rationnel (type de stratégie de recherche)	information à rechercher	plan optimal qui met en œuvre une série d'opérations (une sorte d'algorithme)	composé de: <ul style="list-style-type: none"> • base d'information • interface
modèle cognitif (modèle mental)	le modèle mental du but est fonction de: <ul style="list-style-type: none"> • la consigne exté- rieure (question, problème) • l'expertise du sujet • l'interprétation de la consigne 	<ul style="list-style-type: none"> • influencé par le modèle mental du but • modifié dynami- quement en cours d'exécution 	<ul style="list-style-type: none"> • système d'informa- tion tel que connu par l'utilisateur • dépend de l'expérience de l'utilisateur
activité cognitive (résultats d'une recherche)	mécanisme de régulation	détermine la séquen- ce des opérations cognitives réalisées	ensemble des infor- mations et des outils de navigation disponi- bles à un moment donné

Figure 3: Les trois niveaux de la tâche de recherche d'information

L'activité cognitive et les buts de chacun des trois niveaux correspondent à des "expériences" de recherche d'informations particulières. L'analyse générale envisagée, de la tâche de recherche d'informations, doit donc considérer les quatre cases en haut à droite dans la Figure 3: les types de stratégie de recherche (cf. section 3.2), les outils de recherche d'information (cf. section 3.3) et les modèles mentaux²⁰ relatifs à ces stratégies et à ces outils (cf. section 3.4).

3.2 Les stratégies de recherche d'information

Une structure hypertexte peut être parcourue de trois façons principales (Conklin J., 1987):

1. en suivant les liens et en ouvrant les fenêtres successives pour examiner leurs contenus;
2. en recherchant dans le réseau, ou dans une partie de celui-ci, certaines chaînes de caractères, certains mots-clé ou certaines valeurs;
3. en navigant dans l'hypertexte au moyen d'une vue générale (navigateur) qui montre graphiquement le réseau.

Cette première caractérisation de la navigation dans l'hypertexte en rejoint une

la tâche.

¹⁹ C'est le résultat de l'application d'un modèle cognitif de tâche à une situation particulière.

²⁰ La notion de modèle mental est définie dans le paragraphe 3.4.

seconde, plus précise, qui considère que l'hypertexte peut être utilisé selon deux types de stratégies: la navigation libre et la recherche d'information (Marchionini G., 1988).

La première est aussi appelée exploration, navigation libre ou encore vagabondage; elle a souvent pour but de découvrir l'ensemble ou une partie du corpus des contenus proposés. La navigation libre peut être vue comme correspondant plutôt aux premières prises de contact des utilisateurs avec les systèmes hypertextes (Internet, CD-ROMs, etc.). Pour des parcours libres effectués dans le but d'obtenir une vue globale rapide du système, certains parlent de "vol à travers l'hypertexte" (Lai P., 1991).

La seconde est souvent appelée navigation dirigée et a pour but de trouver une information précise (Monk A. F., 1990a; Rouet J.-F, 1995). Pour celle-ci, il faut encore distinguer les deux cas où la localisation de l'information recherchée est connue - par exemple grâce à une navigation préalable - et où cette localisation est inconnue ou pas identifiable (Larson J. A., 1986). La navigation dirigée peut être organisée par des questions, des jeux, des problèmes, etc. proposés à l'utilisateur.

Le rôle formateur extrêmement important de la navigation dirigée est souligné. D'une part, l'homme doit de plus en plus à acquérir des informations par lui-même; il est donc important de se former à ce type d'activité. D'autre part, en l'obligeant à se concentrer sur un but précis et à résister aux tentations de digressions qui sont nombreuses lors de la navigation hypertextuelle, ce type d'exercice est très important (Nanard M., 1995).

Pour une exploration, c'est la structure de l'hypertexte qui contraint l'utilisateur dans des possibilités de navigation plus ou moins libres (Thüring M., 1991; Parunak H., 1991a). Néanmoins, dans un hypertexte structuré en réseau, sur une base de structure hiérarchique, toutes les possibilités de navigation sont a priori offertes à l'utilisateur.

En fait l'existence de stratégies de navigation est un postulat. Ce qui est réellement observable, ce sont de fortes similitudes entre certains parcours des utilisateurs qui cheminent dans un hypertexte et leur association avec les buts de la navigation: exploration (partielle ou exhaustive), navigation dirigée, etc. Très tôt, certains chercheurs cherchent à caractériser ces parcours et ces associations. Ils montrent que les navigations de l'utilisateur sont formées de combinaisons de quatre cheminements élémentaires (Canter D., 1985):

- un chemin: une route à travers l'information qui ne croise aucun nœud deux fois;
- un anneau: une route qui revient au nœud de départ;
- une boucle: une route qui revient au nœud de départ sans aucun croisement (cas particulier du précédent);
- un aller-retour: une route où le chemin de retour retrace exactement celui effectué à l'aller.

Selon ces résultats, l'activité de navigation dirigée se distingue nettement des autres, plus libres. Elle est caractérisée par une nette prédominance des cheminements de type aller-retour depuis un point de départ. Au contraire, très peu de boucles ou d'anneaux apparaissent, pas plus que des chemins.

Les deux principales stratégies de navigation ne sont cependant pas forcément entièrement séparées lorsqu'un utilisateur parcourt un hypertexte. L'hypertexte permet à l'utilisateur de combiner, par exemple, la navigation libre avec une recherche d'information par mots-clé.

Certains chercheurs voient dans ces combinaisons un moyen de profiter des avantages respectifs de chaque stratégie de navigation isolée: l'utilisateur peut spécifier ses intentions globales grâce à une demande faite avec des mots-clé; celle-ci l'amène à un point de départ d'où il peut commencer une navigation libre (Frisse M. E., 1988; Jerke K.-H., 1990).

Certaines recherches montrent également que la combinaison des deux stratégies peut être bénéfique lorsque l'hypertexte est utilisé dans le but d'un apprentissage. Laisser des possibilités d'exploration permet de favoriser la consultation de thèmes qui intéressent l'utilisateur et donc d'augmenter sa motivation. Donner des tâches précises à l'utilisateur permet de mieux contrôler qu'il suit des chemins jugés plus pertinents en regard du but d'apprentissage (Leung A. C., 1998). On peut considérer cette stratégie comme une alternative intéressante à celle prise initialement par l'enseignement assisté par ordinateur où la liberté de navigation laissée à l'utilisateur est très faible.

La dichotomie des deux principales stratégies de navigation doit donc être relativisée. La navigation libre peut servir à des tâches de recherche d'information et être complémentaire à des stratégies de navigation dirigée. De plus l'exploration peut aussi être choisie par un utilisateur ayant une intention préalable à sa navigation alors que cette propriété est généralement attribuée uniquement à la navigation dirigée (Nanard M., 1995).

Le choix des navigations libre et dirigée peut donc être considéré comme adéquat dans des tâches de recherche d'informations. Quelle que soit la stratégie de navigation qu'il adopte, l'utilisateur a un objectif en tête, qui peut être donné par la consigne associée à la tâche (cf. Figure 3). Pour réaliser son objectif, l'utilisateur procède selon un cycle de traitement d'information constitué de trois phases principales: la sélection de l'information, le traitement de cette information (lecture et compréhension) et l'évaluation de la pertinence du nœud sélectionné en fonction du but visé (Tricot A., 1996). Finalement la définition suivante de la navigation semble particulièrement pertinente:

"Naviguer dans un hypertexte c'est avant tout se construire des buts, les maintenir et s'orienter dans le système afin d'y faire des sélections appropriées." (Rouet J.-F., 1995, p. 326)

- Pour analyser l'activité de recherche d'information dans un hypertexte, il faut considérer les stratégies de navigation, les outils de recherche d'information et les modèles mentaux qu'ont les utilisateurs tant à propos des stratégies que des outils.
- Deux stratégies principales de navigation sont distinguées: l'exploration (ou navigation libre) et la navigation dirigée. Ces deux stratégies de navigation peuvent être utilisées de façon complémentaire lors d'une activité de recherche d'information.
- La navigation dans un hypertexte c'est donc avant tout se construire des buts, les maintenir et s'orienter dans le système pour les réaliser.

3.3 Les outils servant à la recherche d'information

3.3.1 Les outils d'aide à la navigation

A tout moment, un hypertexte offre trois types distincts d'information et, pour garder toutes les possibilités de liberté de navigation, les écrans d'un système hypertexte devraient être définis selon des zones mettant en évidence ces trois types d'information (Bernstein M., 1988):

1. le contenu (document);
2. les choix des liens hypertextes (outils d'aide à la navigation²¹);
3. les indices d'orientation (où est-on?).

Si les outils proposés à l'utilisateur, pour aider la réalisation du but de sa navigation, sont analysés, ce sont les deuxième et troisième points ci-dessus qui doivent être considérés. Certains outils aidant la navigation et permettant de diminuer la désorientation ont été suggérés antérieurement (cf. section 2.2). Une liste complète de ces outils peut être dressée (Shneiderman B., 1992; Tricot A., 1993; Dieberger A., 1994; Hanhwe K., 1995; Balpe J.-P., 1996):

- les visites guidées: faciles à utiliser car reposant sur un seul bouton (prochain nœud) mais contraires au principe de l'hypertexte (cf. section 1.2);
- les historiques de navigation: différentes formes sont observées:
 - les retours en arrière: souvent considérés comme difficiles, surtout si plusieurs mécanismes logiciels permettent ce retour,
 - la liste complète des nœuds visités avec, éventuellement, le temps qui y a été passé,
 - un résumé, fait par l'utilisateur, de tous les nœuds visités,
 - la liste des nœuds récemment visités,
 - les marque-pages: liste des nœuds (pas organisée selon le déroulement chronologique de la navigation) particulièrement intéressants pour l'utilisateur;

²¹ Une distinction est faite entre outils de lecture et outils de navigation: les premiers sont attribués au livre (car on lit un livre), les seconds à l'hypertexte (car on navigue dans un hypertexte).

- les navigateurs: représentation (textuelle ou graphique: liste ou arbre ou réseau) des nœuds et des liens de l'hypertexte:
 - carte: elle peut montrer l'ensemble du réseau (vue générale),
 - carte: elle peut montrer le voisinage du nœud où se trouve l'utilisateur (vue locale), comme par exemple les vues appelées "fish eye" (cf. section 3.3.2),
 - index et filtre: ils peuvent permettre de trouver des nœuds avec des mots-clé, combinés ou non, distinguant des noms (concepts, auteurs), des types de médias (texte, photographie, vidéo), etc.;
- les indices d'orientation: distinction graphique, le plus souvent, pour aider l'utilisateur à identifier certains aspects spécifiques des nœuds et des liens:
 - les nœuds typés: distinction entre les nœuds suivant qu'ils appartiennent à un thème, à un niveau de difficulté, qu'ils ont déjà été visités ou non, etc.
 - les liens typés: distinction entre les liens suivant qu'ils amènent toujours à une photographie, à une référence bibliographique, à un nœud documentaires, etc.

Cette liste des aides à la navigation suit globalement une catégorisation qui distingue les aides ponctuelle, structurelle et historique (De la Passardière B., 1992). Les aides ponctuelles incluent les boutons qui activent un lien vers d'autres nœuds du réseau. Les aides structurelles incluent les cartes de vue générale (sur les nœuds et les liens), les cartes locales, les filtres (diminuent la complexité des réseaux) et les index (organisent le réseau selon une hiérarchie). Les aides historiques incluent les historiques de session, les boutons de retour et les marque-pages.

Cette classification ne met pas en évidence une correspondance entre les outils et les stratégies de navigation, pas plus que ne le fait une classification entre les outils auteur et les outils utilisateurs qui met plus en avant une différence de l'importance, dans la navigation, entre le discours de l'auteur de l'hypertexte et le cheminement personnel de l'utilisateur.

Les outils-auteurs²² sont implémentés pas les auteurs pour permettre aux utilisateurs des cheminements multiples et ils mettent en avant la logique du discours de l'auteur. Les outils-utilisateurs sont implémentés par l'auteur mais mettent en avant la logique que construit l'utilisateur, c'est-à-dire les cheminements qu'il suit: les marque-pages et l'historique sont les deux

²² Ordinairement l'expression outil-auteur est utilisée, dans le contexte des hypertextes, pour désigner, par exemple, les logiciels dont se servent les auteurs pour créer une application hypertexte. Ce sont des outils de conception comme ToolBook, Authorware, etc. Elle est utilisée ici, et dans la suite de notre travail, pour désigner des outils de navigation qui mettent en avant, dans un hypertexte, la logique du discours de l'auteur. Elle est opposée à la notion d'outil-utilisateur qui, dans un hypertexte, désigne, pour nous, les outils mettant en avant les cheminements suivis par l'utilisateur.

exemples les plus usités de ce type d'outil.

Les aides à la navigation peuvent aussi être classées selon leurs fonctions. Une des classifications établies selon ce critère distingue trois types d'aides²³ (Mayer R. E., 1984). Il y a les aides pour sélectionner l'information: elles cherchent à augmenter la possibilité que l'information cible soit perçue. Il y a aussi celles qui aident le lecteur à comprendre l'organisation des relations logiques entre les idées du texte. Il y a enfin celles qui aident le lecteur à intégrer de nouvelles idées dans une structure cognitive préexistante. Cette classification se rapproche des diverses activités précisées par Tricot comme étant effectuées durant la navigation dans un hypertexte: recherche d'information, compréhension, apprentissage (cf. section 2.2).

Une autre classification des outils d'aide selon leurs fonctions met en avant deux outils principaux: les outils d'accès et les outils de recherche (Jones W. P., 1987; Baldwin C., 1988). Les outils d'accès y sont définis comme permettant l'accès aux documents au travers de vues globales de la structure des contenus. Ils correspondent typiquement aux tables des matières et aux index des livres imprimés. Les outils de recherche correspondent globalement à des outils d'interrogation par mots-clé.

L'appartenance des index aux outils d'accès n'est pas claire. Baldwin précise que c'est le cas car, pour les encyclopédies, l'organisation alphabétique de l'index reflète la structure globale de l'hypertexte. Toutefois, dans le cas d'hypertextes structurés selon des thèmes, l'outil d'accès typique est plutôt la table des matières tandis que l'index appartient plutôt aux outils de recherche. La distinction entre les outils de recherche et d'accès devrait donc être approfondie.

C'est cette classification qui retient néanmoins notre attention. D'une part, elle établit une correspondance implicite entre ces deux types d'outils et les deux stratégies principales de navigation mises en évidence (cf. section 3.2):

1. les outils d'accès correspondent à la navigation libre;
2. les outils de recherche correspondent à la navigation dirigée.

D'autre part, elle souligne, pour les outils d'accès, l'importance de la vue globale des contenus de l'ensemble ou d'une partie de l'hypertexte déjà relevée également (cf. section 2.2). Pour les outils de recherche, cette importance est grande également. Le principe d'interrogation par mots-clé, par exemple, le révèle.

²³ Cette classification est établie par Mayer pour les aides à la compréhension des textes. Elles peuvent néanmoins servir de base pour l'introduction des aides nécessaires dans des modes de présentation autres que le texte.

Certains systèmes hypertextes, proposant ce mode de recherche, amènent simplement l'utilisateur au premier document correspondant au mot-clé employé par l'utilisateur. Il serait mieux de donner une liste des différents documents qui y correspondent car cette solution n'offre aucune possibilité à l'utilisateur de savoir combien d'autres documents de l'hypertexte correspondent à sa demande. Le manque d'une vue générale constitue donc également un défaut pour les outils de recherche (Nielsen J., 1990a).

3.3.2 Format de présentation d'une vue globale des contenus

Diminuer la désorientation de l'utilisateur navigant dans l'hypertexte repose sur la donnée d'une vue globale de la structure des contenus de ce système (cf. section 2.2). De plus, la navigation dans l'hypertexte peut être comprise comme une recherche d'information (cf. section 3.2). Enfin, les outils d'aide à la navigation peuvent être classés selon les tâches de recherche et d'accès à l'information qui montrent toutes deux également l'importance d'une vue globale de l'hypertexte que l'on peut penser de façon analogue à la table des matières d'un livre imprimé²⁴.

On peut donc restreindre l'analyse des outils d'aide à la navigation à celle des vues globales de l'hypertexte. Les caractéristiques générales de définition de cette vue globale (formats de présentation et fonctions), données dans la section 2.2, peuvent être reprises. Deux points doivent toutefois être approfondis:

- le format de présentation de la vue globale doit-il être basé sur un graphique ou sur un texte? (cf. précision à la section 4.4)
- la vue globale doit-elle être très détaillée?

La section 2.2 suggère que le graphique, et les réseaux sémantiques, sont mieux adaptés aux fonctions de l'outil envisagé avec la vue globale: servir de "table des matières" à un hypertexte. L'origine de cette idée repose sur les travaux de McGee suggérant que la donnée de structures sous une forme graphique peut aider la compréhension initiale mais aussi comme point de référence auquel l'utilisateur peut retourner de façon répétée (McGee W. C., 1976).

D'autres recherches aussi anciennes indiquent déjà les avantages liés au graphique: celui-ci permet une perception presque immédiate alors qu'une représentation sémantique nécessite l'emploi d'un processus cognitif plus long (Fitter M., 1979). Cette caractéristique est confirmée et explicitée par des recherches plus récentes qui montrent que le texte représente l'information par

²⁴ Avec cette fonction, une vue globale constitue ce qui peut être appelé un noeud global, c'est-à-dire un endroit de l'hypertexte à partir duquel l'utilisateur peut accéder à un ensemble de noeuds locaux. La compréhension de l'organisation de ces noeuds locaux, montrée au travers du noeud global, aide l'utilisateur dans le choix du noeud local suivant à visiter.

les structures symboliques du langage et est traité de façon séquentielle alors que le graphique transmet ses informations au moyen d'une structure visio-spatiale qui permet d'encoder l'information de façon presque instantanée (Clark J. M., 1991).

En conséquence, tandis que la construction d'un modèle mental²⁵ à partir d'un texte nécessite d'abord la construction de représentations propositionnelles qui doivent alors être intégrées dans le modèle mental, l'utilisation de graphiques amène la possibilité d'une construction relativement directe d'un modèle mental (Schnotz W., 1993).

La fonction de table des matières d'une vue globale de l'hypertexte, ayant le format de présentation d'un graphique, devrait donc être perçue plus facilement par les utilisateurs puisque ce format favorise un processus plus simple de construction d'un modèle mental de la vue globale.

Tout un ensemble de recherches sont effectuées (cf. section 4.4) pour comparer, dans des systèmes hypertextes, l'utilisation de tables des matières présentées sous la forme de menus graphiques (réseau sémantique, arbre, etc.) ou textuels (globalement identiques aux tables des matières du livre imprimé)²⁶.

De telles vues globales, conçues pour aider la navigation, peuvent être générées, automatiquement ou à la main, à partir d'une structure hypertexte préexistante (Feiner S., 1988; Gloor P. A., 1991). Il faut retenir de ces recherches un principe extrêmement important: la génération d'une vue d'ensemble d'une structure repose sur des regroupements de nœuds (Botafogo R. A., 1991) basés sur la définition de plus ou moins hauts niveaux de liens, parmi tous ceux existant dans le réseau considéré (Hara Y., 1991).

Certaines recherches font de ces regroupements l'un des mécanismes d'abstraction essentiels avec lesquels l'information peut être stockée et retrouvée dans une structure informationnelle (Garg P. K., 1988). De tels agrégats²⁷ sont des collections de concepts distincts qui peuvent être référencés sous un terme unique plus structurant. Cette procédure rejoint une idée plus théorique: réduire la complexité de la structure hypertexte, c'est réduire la complexité de sa topologie (Parunak H., 1991a).

C'est un principe théorique important de la conception des outils de navigation que sont les tables de matières. Il place ces outils dans la notion de graphique de communication dont Bertin dit: "son but est la perception rapide et

²⁵ La notion de modèle mental est définie dans le paragraphe 3.4.

²⁶ L'Annexe 1.1 constitue une bibliographie analytique de ces recherches expérimentales.

²⁷ Les chercheurs travaillant dans ce domaine appellent ces regroupements des agrégats.

éventuellement la mémorisation de l'information d'ensemble. Son impératif: la simplicité" (Bertin J., 1977, p. 22).

Si une vue d'ensemble est considérée uniquement comme une représentation du réseau de l'hypertexte, elle montre la complexité de cette structure. Si cette vue d'ensemble est considérée de plus comme un outil d'aide à la navigation, il est nécessaire de réduire la complexité qu'elle représente en effectuant des choix sur les concepts, qui doivent être absents de la vue globale, et des regroupements, qui définissent des concepts plus structurants qui, eux, doivent être présents dans la vue globale.

A contrario, il faut bien sûr que le niveau de détail, montré de la structure par la vue globale, soit tout de même assez grand. C'est presque une évidence. Une table des matières qui établit la liste des chapitres, des sections et des sous-sections d'un texte demande au lecteur moins de navigations infructueuses pour trouver une section, pertinente par rapport à un objectif fixé, qu'une table des matières qui ne montre que la liste des chapitres.

Certains modèles cherchent à dépasser ce problème des vues globales: montrer trop ou trop peu de la structure de l'hypertexte à l'utilisateur, surtout quand l'hypertexte a une grande extension. Ils permettent à l'utilisateur de changer la vue qu'il a de la carte en lui offrant une double vue - que ses auteurs appellent bifocale - qui montre à la fois des détails locaux et le contexte global (Pilgrim C., 1996). Ils rejoignent ainsi les travaux menés sur les vues appelées "fish eye" (Furnas G. W., 1986).

En constituant ainsi des cartes dynamiques, ces modèles rejoignent d'autres exemples d'interfaces, notamment pour des outils de recherche d'information sur Internet, dont le principe est de donner une vue de la structure établie directement à partir de l'endroit où l'utilisateur se trouve dans la structure d'information et à partir de ses demandes spécifiques d'information (Hearst M., 1997).

- Il existe une multitude d'outils d'aide à la navigation et de classifications de ceux-ci. En particulier, on peut distinguer les outils d'accès et de recherche d'information qui, tous deux, montrent l'importance d'une vue globale de la structure de l'hypertexte. L'étude de telles vues globales est donc centrale dans celle des outils d'aide à la navigation de l'hypertexte.
- On préfère une vue globale montrant la structure sous une forme graphique par rapport à une forme textuelle. Elle permet à l'utilisateur de créer plus directement un modèle mental de ce qu'elle représente et donc de sa fonction.
- Le principe de base de la création d'une vue globale, ayant la fonction d'outil d'aide à la navigation, est de restreindre la complexité du réseau qu'elle montre en créant des agrégats, c'est-à-dire des regroupements de concepts distincts qui peuvent être référencés sous un terme unique plus structurant.

3.4 Modèles mentaux des outils et des tâches

3.4.1 Définition des modèles mentaux

Les modèles mentaux sont les représentations conceptuelles et opérationnelles internes que les individus développent pour interpréter et expliquer leur propre comportement avec leur environnement²⁸ (Norman D. A., 1983), en particulier celui avec des systèmes complexes. Ils correspondent au concept de schème de la théorie opératoire de Piaget: "le schème est une sorte de modèle finalisé par l'intention du sujet et structuré par les moyens qu'il utilise pour atteindre son but" (Vergnaud G., 1994, p. 66).

Les utilisateurs construisent mentalement un modèle du fonctionnement du système en l'utilisant et en observant ses "réponses" à leurs sollicitations²⁹. Ils se basent alors sur ce modèle pour prédire un résultat aux actions qu'ils entreprennent (Chun D. M., 1997). Lorsque de tels modèles sont construits, ils sont une aide puissante pour réduire le temps d'apprentissage et pour augmenter les performances des utilisateurs avec un système (Rumelhart D., 1981; Foss D., 1982).

Bien que les modèles mentaux soient souvent des représentations incomplètes et fragmentaires du fonctionnement d'un système (Mayer R. E., 1989), ils jouent un rôle d'autant plus grand dans le raisonnement que les problèmes à résoudre, avec ce système ou dans une situation donnée, impliquent plus de variables et de liaisons dynamiques entre elles (Johnson-Laird P. N., 1983).

Mais, parfois, le modèle mental présent ne peut être appliqué par son propriétaire à de nouvelles situations (Johnson-Laird P. N., 1983). Celui-ci doit alors construire un nouveau modèle mental, ou transformer ceux antérieurement construits, afin de produire des changements objectifs dans son comportement de résolution du nouveau problème (Frederiksen N., 1990).

La facilité avec laquelle un utilisateur parvient à exploiter les fonctions d'un système dépend donc des différents modèles mentaux qu'il peut utiliser, parce qu'il les a construits antérieurement, pour décrire les éléments et les interactions d'un système ou d'un problème. On peut penser ici aux différences entre les modèles mentaux impliqués au travers de la recherche d'informations dans un texte imprimé et dans un hypertexte.

3.4.2 Modèles mentaux sur les textes et les hypertextes

Les lecteurs créent des macrostructures sémantiques (Van Dijk T. A., 1984), des cadres de connaissances, pour appréhender la signification globale d'un

²⁸ La carte cognitive (cf. paragraphe 2.2) est ainsi un modèle mental construit pour naviguer dans un espace réel.

²⁹ Un modèle mental dépend donc fortement des expériences passées de la personne.

texte. D'après Van Dijk, comprendre un discours consiste à généraliser le sens de diverses propositions en une seule macroproposition. Celle-ci est une représentation des points principaux du texte formée en sélectionnant et en générant des idées principales qui intègrent et dépassent les propositions inférieures en supprimant les micropropositions considérées comme des détails inutiles pour la signification générale.

Cette macrostructure, facilite la compréhension du texte par le lecteur en permettant à celui-ci de prédire l'ordre et le regroupement des éléments constituant le corps du texte (Van Dijk T. A., 1980; Van Dijk T. A., 1983). Lorsqu'une macrostructure est acceptée socialement et culturellement, elle devient une aide importante pour le lecteur.

Des textes écrits selon une telle structure permettent au lecteur de mieux appréhender les idées principales et le sujet du texte, au contraire de ceux basés sur une structure moins conforme à l'habitude des lecteurs (Kintsch W., 1982). Ainsi les lecteurs expérimentés d'articles scientifiques possèdent une représentation de leur structure rhétorique (Introduction, Méthode, Résultats, Discussion) qu'ils peuvent utiliser pour réorganiser des parties isolées du texte en un tout signifiant (Dillon A., 1991). Autrement dit, les lecteurs savent dans quelle partie d'un texte chercher un type donné d'information.

Les techniques de l'impression entraînent aussi une représentation mentale de l'information du texte imprimé qui inclut une stratégie de lecture séquentielle ainsi que la pensée d'un texte statique basé sur des éléments permanents et fixes: le chapitre, la section, la page, le paragraphe et le mot (Dias P., 1997).

Cette représentation mentale d'un texte structuré immuablement selon un début, un développement et une fin, et qu'il faut aborder dans cet ordre, se retrouve dans les discours de la pédagogie traditionnelle de la lecture que Pennac bouscule avec certains des dix préceptes qu'il édicte comme les droits imprescriptibles du lecteur (Pennac D., 1992):

- le droit de ne pas lire;
- le droit de sauter des pages;
- le droit de ne pas finir un livre;
- le droit de lire n'importe où;
- le droit de grappiller.

Par opposition au texte imprimé, l'hypertexte est vu comme un système beaucoup plus dynamique où les indices discursifs, analogues à ceux du texte imprimé, sont bien moins directement visibles du fait que, d'une façon générale, les cheminements qui tendraient à suivre une structure rhétorique sont interrompus très souvent par les liens proposés à l'utilisateur. Le rôle des conventions discursives, propres à l'hypertexte, a donc sans doute une moindre importance dans la construction de modèles mentaux adaptés à ces systèmes.

Pour prendre des décisions sur sa navigation, l'utilisateur peut construire des

modèles mentaux basés sur les liens reliant les nœuds informatifs de l'hypertexte. Il peut établir un tel modèle selon les différentes fonctions possibles des liens: aller dans une direction donnée (en avant ou en arrière), passer d'un niveau d'une structure hiérarchique à un autre niveau, changer quelque chose à la structure ou pas (Pfeiffer H., 1991).

Il peut aussi baser son modèle mental de l'hypertexte sur l'utilisation qu'il en fait. Ainsi lorsqu'une tâche contraint l'utilisateur, il a tendance à décrire l'hypertexte comme quelque chose de linéaire alors que lorsqu'il est beaucoup plus libre de son cheminement, il en parle plutôt comme de quelque chose de non linéaire (Reed W. M., 1997). L'opposition entre la linéarité du texte et la non linéarité de l'hypertexte est à relever comme un modèle mental éventuel de l'hypertexte. Ce constat montre surtout qu'il faut approfondir l'étude de la notion de non linéarité (cf. section 4.2).

En fait, la variété des hypertextes (thèmes, structure, format de présentation) et la situation relativement nouvelle et rare, qu'ils constituent encore pour la majeure partie des utilisateurs potentiels, représentent certainement un frein à la création de modèles mentaux adaptés puisque ceux-ci s'élaborent à partir de points considérés comme communs.

Les utilisateurs cherchent alors sans doute à appliquer à la navigation dans l'hypertexte, dans une certaine mesure du moins, les modèles mentaux qu'ils ont construits avec la lecture du texte imprimé parce que celle-ci constitue une situation habituelle, stable et à laquelle ils sont formés, à l'école par exemple.

Les modèles mentaux de l'utilisateur à propos de l'hypertexte sont en fait très mal connus.

3.4.3 La vue globale pour se représenter la tâche de navigation

Cette investigation met à nouveau en avant l'importance de la donnée d'une vue globale de l'hypertexte, comprise comme une table des matières, qui rend plus efficace la recherche d'information et facilite la construction d'une carte cognitive de la structure hypertexte (cf. section 2.2).

En effet les chercheurs s'accordent pour dire qu'il est plus difficile de construire les modèles mentaux adéquats à la résolution d'un problème dans les systèmes dynamiques par la manipulation directe (Brehmer B., 1987) et que, conséquemment, il faut aider la construction du modèle mental adéquat en apportant des informations appropriées comme des indices sur la stratégie à adopter avec ces systèmes (Rasmussen J., 1986).

Or, une bonne représentation de la tâche et une bonne stratégie de gestion sont nécessaires pour accomplir des activités de recherche d'information dans un hypertexte. Se représenter la tâche, c'est savoir quelle information il faut chercher pour répondre à une question donnée. Posséder une bonne stratégie de gestion, c'est pouvoir mettre en relation la tâche et les outils disponibles

dans l'environnement (Rouet J.-F., 1995).

L'interface utilisateur joue alors un rôle crucial dans le développement des modèles mentaux liés à la recherche d'information (Corry M. D., 1998) car les outils permettant de visualiser la structure d'information peuvent aider les utilisateurs à construire des représentations mentales de ce type d'activité. En effet, dans le processus de recherche d'informations, l'humain s'aide des associations qu'il effectue ou pas entre celles rencontrées et celles qu'il recherche et l'ordinateur peut aider l'utilisateur dans sa recherche d'information en lui proposant des réseaux d'informations associées (Dobashi K., 1994).

- Les utilisateurs construisent un modèle mental (représentation conceptuelle et opérationnelle d'une situation) du fonctionnement d'un système en l'utilisant. Ils se basent alors sur ce modèle pour prédire un résultat aux actions qu'ils entreprennent.
- En lisant, les lecteurs construisent des macrostructures des textes (par exemple des structures rhétoriques). Lorsqu'une macrostructure est acceptée socialement et culturellement, elle devient une aide importante pour le lecteur qui sait alors dans quelle partie d'un texte chercher un type donné d'information.
- Le texte écrit est vu comme un objet statique qui se consulte de façon séquentielle en commençant au début et en allant vers la fin.
- L'hypertexte est vu comme un système dynamique où le rôle des éléments discursifs, pour la construction d'un modèle mental, est certainement moins grand. Les utilisateurs s'aident plus de la fonction des liens ou de l'utilisation qu'ils font de l'hypertexte pour en construire des modèles mentaux et, sans doute, de ceux issus de leur expérience du texte imprimé.
- La présentation d'une vue globale de la structure de l'hypertexte devrait aider l'utilisateur à créer un modèle mental de la tâche de recherche d'information dans un tel système.

4. QUESTION CENTRALE DE LA PROBLEMATIQUE

4.1 Une question centrale, trois questions plus précises

Dans la littérature scientifique, la principale activité de l'utilisateur d'un système hypertexte est définie comme une navigation, dans une structure conceptuelle de nœuds et de liens. L'activité de navigation met en avant l'importance de la tâche de recherche d'informations et celle d'une vue globale, de la structure des contenus de l'hypertexte, à laquelle est attribuée une fonction similaire à celle de la table des matières (cf. section 2).

La recherche d'information repose sur l'emploi d'une telle vue globale, et sur son adéquation avec les différentes stratégies de recherche d'information, ainsi que sur les modèles mentaux construits par les utilisateurs sur ce type d'outil et ces stratégies (cf. section 3).

C'est en fait dans une étude plus globale des principaux outils de navigation de l'hypertexte que doit être intégrée une réflexion sur une vue globale ayant la fonction de table des matières. En effet, la littérature scientifique montre aussi que les outils d'accès (table des matières) et les outils de recherche (index) jouent tous deux un rôle complémentaire dans la tâche de recherche d'informations (cf. section 2).

Il serait illusoire de vouloir procéder à une telle étude pour l'ensemble des hypertextes. Ceux-ci sont d'une trop grande variété et leur impact sur l'ensemble du public reste faible car ils restent souvent des prototypes utilisés par des laboratoires universitaires dans le cadre de leurs recherches.

Au contraire, en se plaçant du point de vue pédagogique, l'émergence actuelle des produits hypertextes grand public (CD-ROM de vulgarisation, Internet) rend l'étude de leurs outils de navigation particulièrement pertinente. En effet, peu de recherches sont menées sur les façons dont ils sont utilisés et compris alors qu'ils vont grandement participer à la construction, chez le grand public, des modèles mentaux liés à la compréhension de la notion d'hypertexte et à celle de la navigation dans l'hypertexte.

Plus globalement, ces produits font partie des ressources didactiques à disposition du grand public dans le contexte d'une éducation continuée. L'importance de celle-ci se développant, il y a lieu de considérer plus précisément ces sources d'information, basées sur les nouvelles technologies d'information et de communication, qui sont utilisées dans un cadre familial.

La question centrale que l'on se propose de résoudre dans cette recherche doctorale est donc: Quels outils de navigation pour les CD-ROMs de vulgarisation? Trois questions plus détaillées, qui peuvent être envisagées comme des sous-titres à cette thématique, précisent cette question principale:

1. question 1: D'où viennent les outils de navigation de l'hypertexte et dans quels buts sont-ils apparus?
2. question 2: Quels sont les outils de navigation, et en particulier les tables des matières, proposés dans les CD-ROMs de vulgarisation scientifique?
3. question 3: Quel format de présentation est plus efficace pour une table des matières d'un hypertexte: une vue globale graphique ou une table des matières analogue à celle du livre imprimé?

La première question détaillée est relative à l'opposition entre les deux propriétés de linéarité, attribuée au texte imprimé, et de non linéarité, attribuée à l'hypertexte. Celle-ci semble être à la base des modèles mentaux liés à l'hypertexte (cf. section 3.4). Il y a lieu de chercher l'origine de cette opposition et sa relation avec les outils de navigation pour mieux la comprendre (cf. section 4.2).

La seconde est directement issue de la question centrale. Elle veut voir

comment les recherches faites sur la problématique de la navigation dans l'hypertexte sont appliquées en étudiant quels sont les outils de navigation existant dans les CD-ROMs de vulgarisation et les modes de navigation ainsi proposés au grand public (cf. section 4.3). Cette analyse repose exclusivement, ou presque, sur un choix de CD-ROMs de vulgarisation scientifique pour pouvoir en généraliser les résultats et parce que, dans le développement de l'éducation continuée, c'est celui d'une culture scientifique qui nous intéresse plus particulièrement.

La troisième ressort de la revue de la littérature scientifique, effectuée dans les sections 2 et 3, qui révèle une contradiction importante à propos du format de présentation que doit prendre la vue globale des contenus pour la recherche d'information. Cette contradiction doit être étudiée plus avant au travers d'une expérimentation (cf. section 4.4).

- Si une vue globale de la structure de l'hypertexte est vue comme pouvant jouer le rôle de table des matières de ce système d'information, elle devrait montrer cette structure sous une forme graphique pour être plus efficace (cf. sections 2.2 et 3.3).
- Au contraire, la forte probabilité d'une prédominance des modèles mentaux des utilisateurs reposant sur l'usage du livre imprimé montre que la table des matières d'un hypertexte devrait adopter une forme textuelle analogue à celle rencontrée dans les livres (cf. section 3.4).

On cherche ainsi à regrouper à la fois une interrogation sur les origines d'une possibilité plurielle de cheminements dans un corpus de connaissances, une analyse des façons dont le grand public est confronté à ces possibilités au travers de produits commerciaux et des expérimentations sur un aspect particulier des outils de navigation de l'hypertexte.

En considérant ces trois questions détaillées, le but du travail de recherche envisagé se place sous le signe de la synthèse et non du travail purement expérimental ou théorique. Des éclaircissements et de nouvelles pistes de recherche peuvent résulter d'une telle approche même si les conclusions qu'un tel travail peut amener ne doivent être, a priori, que partielles du fait de la vaste étendue constituée par les problèmes sous-jacents à la question posée.

En restreignant cette étude aux CD-ROMs de vulgarisation scientifique, le public à prendre en compte, essentiellement pour la troisième question détaillée, est celui des personnes ayant pour finalité d'augmenter leur culture générale. Il s'agit donc d'un choix très ouvert. Etant donné que l'expérimentation effectuée repose sur une tâche de recherche d'information, les personnes volontaires sont sélectionnées pour constituer un échantillon homogène par rapport à celle-ci (cf. Chapitre 4, section 3.3). Or, les différences entre de tels utilisateurs reposent essentiellement sur les différences de connaissance qu'ils peuvent avoir sur l'utilisation des logiciels informatiques et sur le thème scientifique abordé dans le(s) CD-ROM(s) testé(s) (Zeller P., 1997). Ces personnes sont donc évaluées en fonction de leurs connaissances

en informatique et sur le(s) domaine(s) scientifique(s) considéré(s).

- La question centrale que l'on se propose de résoudre dans cette recherche doctorale est: Quels outils de navigation pour les CD-ROMs de vulgarisation?
- Trois questions plus détaillées précisent cette question centrale. D'où viennent les outils de navigation de l'hypertexte et dans quels buts sont-ils apparus? Quels sont les outils de navigation, et en particulier les tables des matières, utilisés dans les CD-ROMs actuels de vulgarisation scientifique? Quel format de présentation est plus efficace pour une table des matières d'un hypertexte: une vue globale graphique ou une table des matières analogue à celle du livre imprimé?

4.2 Question sur la non linéarité et l'origine des outils de navigation

Les problèmes de navigation dans l'hypertexte sont intrinsèquement liés à la propriété de non linéarité de celui-ci (cf. définition plus loin dans le texte) par les chercheurs. Cette propriété est devenue un lieu commun associé à l'hypertexte comme l'indiquent les citations ci-dessous³⁰ qui utilisent cette notion sans ressentir le besoin de l'expliquer:

- "hypertext is non sequential" (Nielsen J., 1990a, p. 1);
- "hypermedia is a system (...) through which people can move nonlinearly" (Parunak H., 1991b, p. 233);
- "un hypertexte rend possible et aisée une lecture non linéaire d'un ensemble de documents" (Nanard M., 1995, p. 31);
- "l'hypertexte, c'est le véhicule informatique d'une information non linéaire" (Le Coadic Y. F., 1997, p. 33);
- "hypermedia environments are complex systems based in a nonlinear organisation of the information" (Dias P., 1997, p. 173);
- "the advent of the hypermedia application has provided the ability to produce instructional materials that can be accessed in many different ways" (Beasley R. E., 1997, p. 155).

Cette liste contient des nuances qui peuvent faire référence aux buts initiaux de Nelson, l'inventeur du terme hypertexte:

"By hypertext, I mean non sequential writing - text that branches and allows choices to the reader, best read at an interactive screen. As popularly conceived, this is a series of text chunks connected by links which offer the reader different pathways" (Nelson T. H., 1988).

Mais le statut de lieu commun de la propriété de l'hypertexte qu'est la non linéarité est bien installé au point qu'elle devient partie intégrante d'une

³⁰ Elles ont notamment été extraites de publications récentes afin de montrer que cette idée est actuelle et n'est pas attachée à une compréhension initiale et ancienne de l'hypertexte.

définition de l'hypertexte:

"L'explication la plus courte de l'hypertexte serait "écriture non séquentielle", ou non linéaire." (Le Monde du 31.03.96 cité dans Otman G., 1998, p. 160)

L'exemple d'un échange entendu récemment³¹, à propos de l'éducation à distance, indique cette tendance de traiter la notion de non linéarité comme un lieu commun:

- question d'un auditeur: "En quoi le fait de mettre un document sur Internet est-il différent de le donner sous forme d'une brochure ou d'une vidéo?"
- réponse de l'intervenante: "La différence, c'est la non linéarité."

Lorsque cette intervenante se cantonne à répondre ainsi, elle montre une absence complète d'analyse pour comprendre l'apport d'une ressource didactique dans une situation pédagogique³². Outre cette faiblesse, cette réponse lapidaire traduit aussi l'association implicite entre hypertexte et non linéarité.

De plus, en réaffirmant maintes fois cette caractéristique, la littérature scientifique³³ induit aussi l'idée que cette propriété est spécifique aux hypertextes et qu'elle s'oppose à la propriété de linéarité associée, elle, spécifiquement au livre, au texte imprimé et à d'autres médias comme ceux de l'audiovisuel (Barker P., 1993, pp. 47-50):

- "within the linear layout of paper-based documents" (Carey T. T., 1990, p. 582);
- "in two linear formats (word processor and paper)" (McKnight C., 1990, p. 10);
- "in traditional paper-based media, authors are expected to organise a coherent sequential presentation of ideas, which readers are expected to follow" (Hanhwe K., 1995, p. 241);
- "traditional text presents a continuous linear flow of information" (Dee-Lucas D., 1995, p. 434);
- "par opposition au texte imprimé qui serait linéaire, l'hypertexte serait multidimensionnel" (Rouet J.-F., 1995, p. 313);

³¹ XXèmes Journées Internationales sur la Communication, l'Education et la Culture Scientifique de Chamonix, Séance plénière "Former à distance?" (24.03.98). L'exemple donné est relatif à la présentation d'une expérience, faite dans une université française, consistant en la constitution d'un ensemble de documents sur multiples supports (brochure, vidéo, site Internet) pour aider les étudiants de premier cycle dans le travail qu'ils doivent effectuer en travaux pratiques.

³² La caractéristique asynchrone du support électronique qu'est Internet aurait pu être évoquée, par exemple.

³³ Les citations ci-dessous ont été sélectionnées de la même façon que celles citées précédemment.

- "l'hypertexte fait ressortir une organisation non linéaire pour pouvoir accéder directement aux unités du document, les documents littéraires en raison de leur forte linéarité ne sont pas adaptés à cette forme de représentation" (Balpe J.-P., 1996, p. 126);
- "the traditionally linear manner in which text is processed by the reader" (Reed M. W., 1997, p. 286);
- "the more traditional book model, where the only logical reading order is provided directly by the author and where this order is actually linear" (Calvi L., 1997, p. 315).

Affirmer que la non linéarité est une propriété caractéristique de l'hypertexte est vrai. La multiplicité des possibilités de cheminements implique que la somme de ces chemins, dans le graphe à deux dimensions représentant les nœuds et les liens de l'hypertexte, est plus grande que l'ensemble des contenus parcourus une fois. La caractéristique de non linéarité peut alors être attribuée à l'hypertexte par opposition à celle de linéarité qui, en mathématique, est associée à la notion de sommabilité disant que la somme des parties est égale à l'ensemble³⁴.

Mais affirmer que le texte imprimé est uniquement linéaire et l'opposer ainsi à l'hypertexte semble tout à fait erroné. En effet, on peut qualifier la lecture d'un livre de non linéaire en considérant que cette propriété de cheminement multiple dans un corpus de connaissance n'est pas intrinsèque à son support matériel mais est rendue possible grâce aux outils de lecture du livre (Dillon A., 1991; McKnight C., 1991; Ganascia J.-G., 1997-?).

Une idée sous-jacente ici est la distinction à faire entre la perception de l'outil de lecture, la table des matières par exemple, aux moments de la lecture et de l'écriture. L'auteur construit une table des matières pour mettre en évidence la structure rhétorique qu'il a établie. Il permet ainsi au lecteur de mieux comprendre la logique de son argumentation, sa linéarité. Au contraire, au moment de la consultation, la table des matières autorise de multiples parcours et une navigation non linéaire.

Foucault affirme que les frontières d'un livre ne sont pas clairement définies parce qu'il est lié, par un système de références (la bibliographie), à d'autres livres, textes et phrases. Il parle ainsi d'un livre comme d'un nœud dans un réseau (Foucault M., 1969). Mohageg souligne le fait qu'une table des matières permet l'accès direct à certains nœuds (Mohageg M. F., 1992). Landow indique qu'en suivant les notes de bas de page d'un texte, le lecteur peut aller vers un autre texte et "sortir" complètement du texte qu'il lit (Landow G. P., 1992).

³⁴ Calculer la surface située en dessous d'une courbe linéaire d'équation générale $y = ax + b$ entre deux valeurs x_1 et x_2 de la variable x revient à sommer toutes les valeurs de y pour x compris entre x_1 et x_2 .

Au contraire, le discours oral est linéaire: les mots sont prononcés en une séquence unique et les premiers textes écrits, qui sont la retranscription d'un discours oral, sont véritablement linéaires car ils ne sont pas associés à des outils qui permettent de s'abstraire de leur déroulement (McKnight C., 1991).

Etudier comment et pourquoi les outils de lecture du livre sont nés et ont évolué semble donc particulièrement profitable à une meilleure compréhension de l'utilisation de l'hypertexte et, en particulier, à celle de la non linéarité de la navigation qu'elle facilite.

Les choix méthodologiques faits pour procéder à cette étude des outils de lecture du livre sont explicités dans le Chapitre 4. Les résultats de cette étude constituent la Partie 2.

- L'hypertexte a comme caractéristique d'être non linéaire. Cette notion apparaît comme un lieu commun qui est opposé au fait que le texte imprimé est considéré comme linéaire.
- Cette caractéristique du texte imprimé semble erronée si l'on considère que la cause de la linéarité (non linéarité) n'est pas le support imprimé (électronique) mais que la non linéarité est rendue possible par les outils de lecture du livre.
- L'étude de l'histoire de l'évolution et du développement des outils de lecture du livre devrait permettre alors d'éclairer la non linéarité de la navigation hypertexte.

4.3 Question sur les outils de navigation des CD-ROMs actuels

En ce qui concerne la seconde question détaillée, c'est-à-dire savoir quels outils de navigation sont présents actuellement dans les CD-ROMs de vulgarisation scientifique, il va presque de soi que c'est par une analyse de ces CD-ROMs, actuellement en vente et à disposition du public et visant à une éducation informelle, que des réponses peuvent être trouvées pour la question envisagée. Très peu d'études sont publiées sur ce sujet.

Du fait de la nouveauté de ce support électronique, de nombreux ouvrages généraux sur les CD-ROMs ont été publiés. Certains renseignent sur les sortes de titres trouvés dans les bibliothèques de CD-ROMs dans les foyers des utilisateurs (Desmet P., 1997, p. 23) et montrent que les titres culturels représentent plus de 60% de l'ensemble. Mais ces livres ne consacrent que peu de place à une étude très spécifique: ils restent très généraux en ne s'appuyant sur aucun exemple concret (Jolivat B., 1992, pp. 97-99).

Les analyses centrées sur les contenus et les fonctions du CD-ROM, et présentées au travers d'un chapitre particulier d'un ouvrage, si elles présentent un grand intérêt pour une étude globale des services multimédias (Najean T., 1995), de réalisations (Herellier J.-M., 1994, pp. 51-74) ou de titres (Vasseur F.,

1993, pp. 111-113), ne sont pas assez spécialisées sur les outils de navigation.

De plus, sans avoir eu accès à un hypertexte, il est très difficile d'acquérir une idée précise des fonctions offertes dans une telle application, et de pouvoir les comparer, car rares sont les études qui reproduisent, systématiquement et en suffisamment grand nombre, les principales interfaces proposées à l'utilisateur (Hodges M. E., 1993; Cavet D., 1994; Labarre J., 1997).

Il en est de même pour les nombreux magazines faisant des tests des produits grand public, notamment de vulgarisation scientifique, sur support CD-ROM (CD & CO, 1998; SEPC, 1998). Si leur notation n'est pas subjective, le compte-rendu donné dans leurs pages sur les analyses effectuées ne permet pas de discerner les critères de base employés et de procéder à une réelle comparaison entre les titres présentés. De plus, les descriptions qu'ils publient sur les outils de navigation des produits qu'ils notent ne sont guère détaillées. Bien sûr ces remarques s'appliquent également aux présentations des productions hypertextes montrées dans les sites Internet des éditeurs multimédias.

Ce manque d'une possibilité de comparaison entre les analyses effectuées dans de telles publications destinées à aider le public dans son choix est également souligné par Patrick Pognant et Claire Scholl, dans leur ouvrage *Les CD-ROM culturels*, au travers de leur analyse de cinq critiques journalistiques d'un titre culturel *Le Mystère Magritte* (Pognant P., 1996, pp. 113-120). Bien que cet ouvrage ne soit pas centré exclusivement sur une analyse des outils de navigation, c'est celui qui se rapproche le plus de l'optique d'analyse des CD-ROMs envisagée.

Le travail à effectuer pour répondre à la seconde question passe donc par l'analyse d'un choix de titres de vulgarisation. Les choix méthodologiques effectués pour procéder à cette analyse sont explicités dans le Chapitre 4. Les résultats de cette analyse constituent le Chapitre 9.

- Les publications sur les outils de navigation proposés aux utilisateurs des CD-ROMs de culture scientifique sont quasiment inexistantes. Celles abordant l'étude de ces outils n'en permettent ni une analyse ni une comparaison.
- L'étude nécessaire pour répondre à la seconde question détaillée de la problématique doit être basée sur une analyse d'un choix de CD-ROMs.

4.4 Question sur le format d'une table des matières d'un CD-ROM

La troisième question détaillée vise à déterminer si une vue globale de la structure de l'hypertexte, jouant le rôle d'une table des matières et aidant à effectuer une tâche de recherche d'informations, doit adopter un format de présentation graphique ou analogue à celui des tables des matières communes dans les livres.

La définition que nous donnons à la table des matières est qu'elle "constitue un outil de lecture qui donne accès à la structure des contenus du livre et qui permet la navigation dans cette structure répartie dans les pages du support matériel. (...) Elle montre, dans sa mise en page, le rapport d'ordre existant entre l'ensemble des contenus et l'ensemble des caractéristiques matérielles du livre imprimé" (Platteaux H., 1998, p. 224).

Pour répondre à la troisième question, il s'agit d'abord d'établir le format graphique exact qui est comparé expérimentalement à une table des matières textuelle. Il s'agit aussi de répertorier les résultats déjà obtenus lors de comparaisons analogues.

Apportons toutefois une précision importante avant cela. Il est bien évident que la table des matières classique comporte aussi des aspects graphiques; il ne s'agit pas de le nier. Ainsi les deux colonnes du tableau qu'elle constitue (entrées conceptuelles de la table et numéros de page) et les différents retraits positionnant les entrées conceptuelles dans la page (indication des différents niveaux conceptuels) sont deux des plus importants de ces aspects. En qualifiant de graphique la vue globale, avec laquelle va être comparée la table des matières, il s'agit plutôt de mettre l'accent sur le fait que la vue globale recherchée doit représenter le réseau conceptuel de l'hypertexte (cf. sections 2.2 et 3.3.2) alors que la table des matières classique met en évidence la suite des éléments du discours de l'auteur.

De même, vouloir une vue globale "graphique" similaire à un réseau sémantique pour la rendre plus signifiante (cf. section 2.2) donne également des propriétés textuelles à cette représentation.

Qualifier une fois pour toute les deux vues globales comparées de textuelle et de graphique n'est donc pas notre but. Toutefois, pour des raisons de commodité, les qualificatifs graphique et textuel continuent d'être employés dans la suite pour désigner les deux types de vue globale.

4.4.1 Définition de la carte conceptuelle

L'analyse effectuée précédemment pour définir la question centrale de la problématique oriente ce choix du type de représentation graphique vers les réseaux sémantiques (cf. sections 2 et 3.3). Toutefois, les réseaux sémantiques comportent un désavantage pour pouvoir jouer ce rôle efficacement.

L'organisation des concepts insérés dans un réseau sémantique repose essentiellement sur une hiérarchie établie entre eux. Le réseau sémantique montre donc une structure arborescente dans laquelle le passage d'un concept à un niveau supérieur à un concept à un niveau inférieur (par exemple, passer de oiseau à autruche ou pinson) est toujours établi selon des idées analogues: est plus détaillé que, est un exemple de, etc. Cette règle de construction d'un

réseau sémantique a aussi pour conséquence que la signification des liens entre les concepts n'est pas indiquée dans cette représentation graphique.

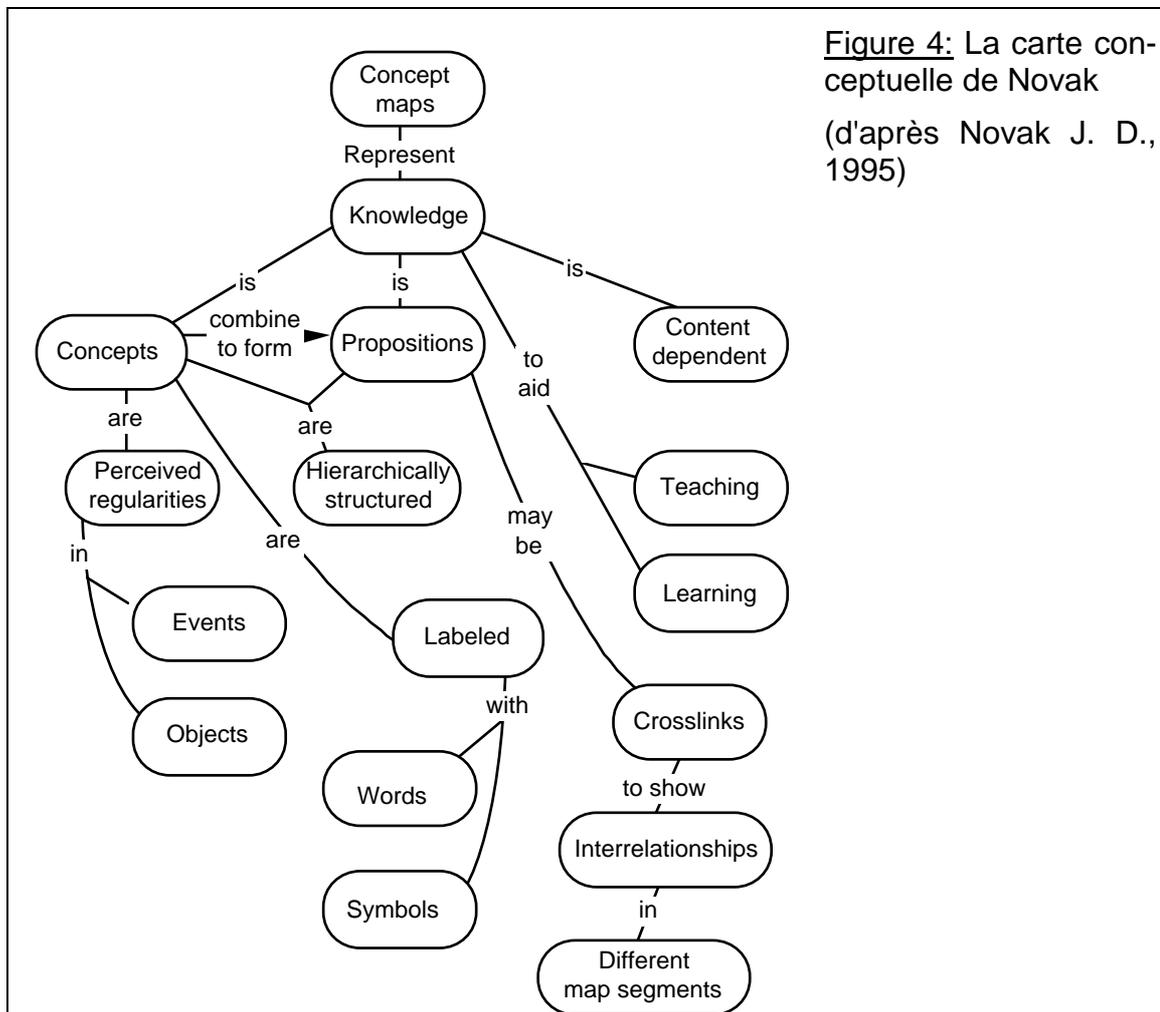


Figure 4: La carte conceptuelle de Novak
(d'après Novak J. D., 1995)

Or la structure des contenus de l'hypertexte n'est pas, d'une façon générale, purement hiérarchique et beaucoup plus de types de propositions doivent donc pouvoir être montrés dans la représentation recherchée. De plus, il faut alors que les relations entre les concepts soient signifiées pour que ce menu graphique reste le plus signifiant possible, notamment en rendant le plus explicite possible le contexte des concepts qu'il met en évidence.

Il faut donc adopter une représentation graphique qui soit libérée de contraintes (Nanard J. D., 1991), en particulier de celles imposées dans le réseau sémantique. Ce choix oriente définitivement vers la carte conceptuelle (Novak J. D., 1983).

La carte conceptuelle est élaborée par Novak et son équipe³⁵ selon un nombre restreint d'éléments de définition et de règles de construction (cf. Figure 4 et Annexe 1.1):

- La carte conceptuelle est une représentation spatiale d'une base de connaissance déclarative;
- La carte conceptuelle est composée d'un ensemble de nœuds et de liens entre ces concepts;
- Un concept est une régularité perçue dans des événements ou des objets;
- Dans une carte conceptuelle, un concept est désigné par un label, un mot ou un symbole;
- Les concepts sont arrangés selon une structure hiérarchique allant du concept le plus général et le plus inclusif aux concepts les plus spécifiques et les moins inclusifs;
- Des lignes sont tracées et signifiées par un label pour combiner deux concepts ou plus, éléments de niveaux hiérarchiques successifs, et former des propositions. Des liens reliant deux concepts appartenant à des branches différentes de la carte sont possibles.

D'autres règles apparaissent implicitement dans les différentes publications définissant les cartes conceptuelles de Novak (cf. Annexe 1.1):

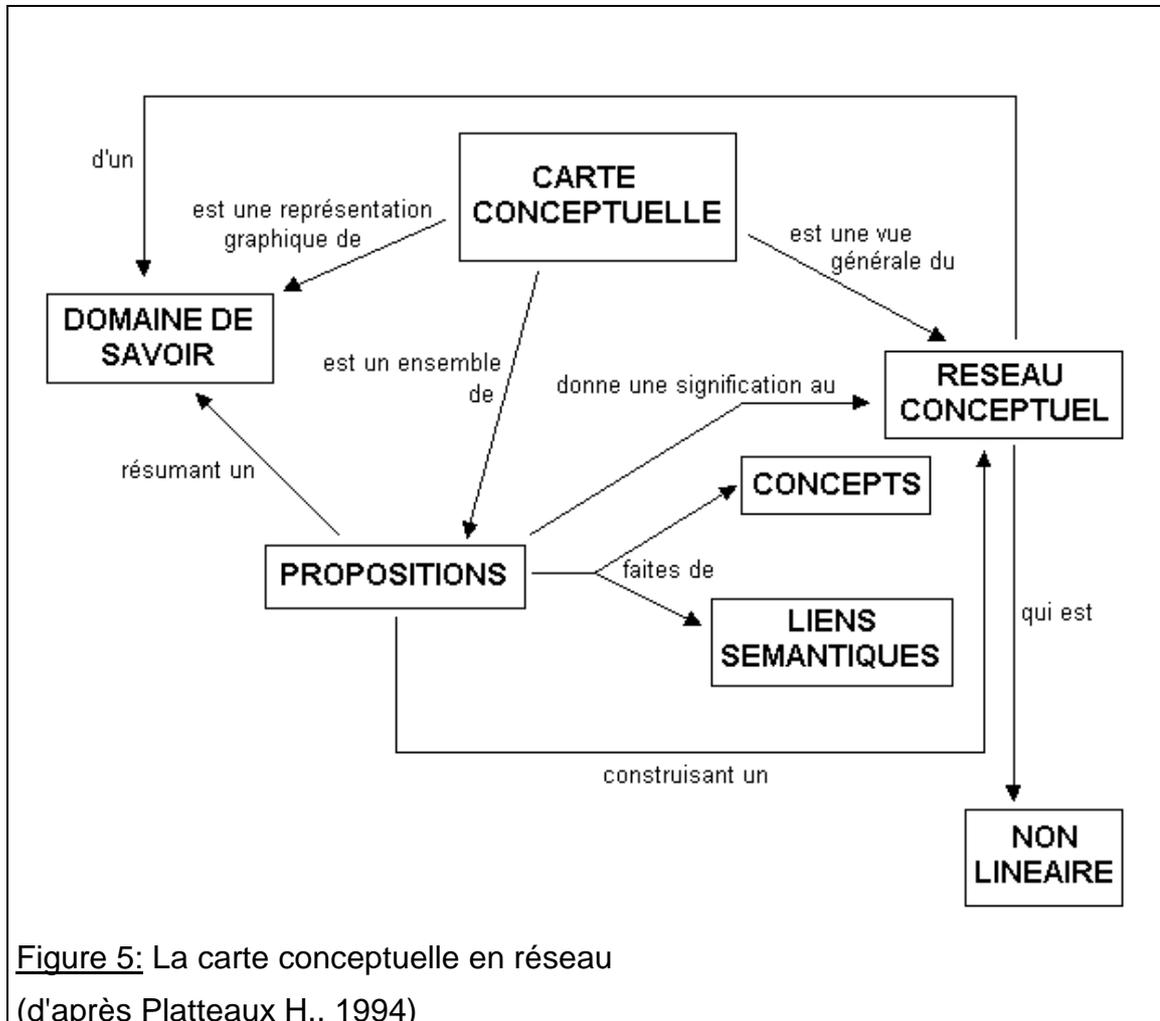
- Deux concepts différents doivent avoir des noms différents;
- Un concept ne peut apparaître qu'une seule fois dans une carte conceptuelle;
- Un lien unidirectionnel seulement peut être tracé entre deux concepts;
- Les liens entre des concepts de différents niveaux hiérarchiques sont implicitement orientés vers le bas;
- Les liens entre deux concepts appartenant à deux branches différentes de la carte conceptuelle doivent être explicitement orientés par une flèche;
- La complexité de la carte conceptuelle (nombre de concepts, de liens et d'intersections) doit être limitée pour permettre une perception globale.

Tout en établissant que les relations entre deux concepts doivent être signifiées et qu'elles peuvent être beaucoup plus diversifiées que ne le permettent les réseaux sémantiques, la carte conceptuelle de Novak conserve la caractéristique d'être organisée selon une structure hiérarchique. Aussi une autre forme de carte conceptuelle, moins stricte que celle de Novak, est formalisée pour permettre de représenter une structure plus en réseau. Cette contrainte moins forte implique que les liens entre les concepts sont représentés par des flèches - liens orientés - afin de montrer le sens de lecture des propositions (cf. Figure 5).

La conversion de la carte conceptuelle en une carte conceptuelle interactive se

³⁵ Elle trouve ses origines dans des travaux légèrement antérieurs à ceux de Novak (Rowell R. M., 1978).

fait alors, dans l'hypertexte où elle sert de vue générale de la structure des contenus, en rendant actives les zones de l'interface, où apparaît la carte, qui correspondent aux concepts et aux liens.



La définition donnée par Novak pour la notion de concept est assez vague. Elle est précisée par les travaux de Barth pour laquelle un concept est composé de trois parties (Barth B.-M., 1987; Barth B.-M., 1993):

- un nom, un code, un label ou un symbole qui désigne la chose elle-même;
- une définition basée sur des caractéristiques et des attributs dépendant de l'usage que l'apprenant est supposé faire avec le concept;
- des exemples ou des cas concrets qui sont désignés par le nom et qui illustrent les attributs.

Les usages et les caractéristiques des cartes conceptuelles ne sont pas plus détaillées ici parce que la définition qui en est donnée ci-dessus suffit à l'utilisation pour laquelle elle est destinée dans ce travail de recherche et qui est précisée dans les sections 2.2 et 3.2. L'Annexe 1.1 rassemble les références bibliographiques des publications les plus caractéristiques des différents

travaux menés avec cette représentation graphique de connaissance. Elle montre aussi les principaux exemples de représentations que ces publications peuvent appeler carte conceptuelle. Elle donne aussi des exemples bien plus anciens que ceux des travaux de Novak - le plus vieux date d'environ 1250 - de représentations graphiques qui pourraient être considérées comme des cartes conceptuelles.

4.4.2 Comparaisons expérimentales des outils de navigation

Le choix des articles, auxquels on fait référence ci-après, a été établi en fonction de deux critères. D'une part, il s'agit de publications très souvent citées montrant des résultats expérimentaux. D'autre part, elles procèdent à des comparaisons sur les outils de navigation des hypertextes, principalement en liaison avec la tâche de recherche d'information. Les résultats obtenus par chacune des expériences sont décrits dans l'Annexe 1.2 tandis que leur ensemble est résumé ci-dessous.

Dans un premier temps, les expériences menées comparent plus particulièrement, avec une structure hypertexte hiérarchique, l'incidence des types de représentation adoptés pour les menus - formats symbolique et graphique (carte sous forme d'arbre) - dans les tâches de recherche d'information (Billingsley P. A., 1982; Weyer S. A., 1982) et pour déterminer lesquels sont les mieux mémorisés (Liebelt L. S., 1982). Sur la base d'une définition antérieure des menus organisés (Bower G. H., 1969), ces expériences montrent que les outils organisés sont plus efficaces pour la recherche d'information et mieux mémorisés. Elles retrouvent aussi des résultats antérieurs (McGee W. C., 1976; Fitter M., 1979) qui indiquent que les menus graphiques (cartes) sont plus efficaces pour la recherche d'information que les menus symboliques (index).

C'est ensuite une comparaison de l'emploi d'une variété plus grande d'outils de navigation qui est envisagée: aucun outil, carte (organisée ou non) de la structure, liste des chemins, menu (hiérarchique ou non), index, visite guidée, commandes, etc. Les résultats obtenus alors montrent tous globalement que les cartes, ou les diagrammes, sont plus adéquats pour les tâches de recherche d'information.

Plus précisément, ces expériences révèlent que ne donner aucun outil et laisser les utilisateurs procéder par essais/erreurs donne les meilleurs résultats (Parton D., 1985) mais que les diagrammes constituent une solution plus appropriée dès que la structure devient plus grande. Certains chercheurs se montrent toutefois plus nuancés quant à la supériorité des cartes par rapport à d'autres outils comme les index (Hammond N., 1989).

La corrélation, existant entre le type d'outil de navigation employé et la facilité du développement d'une carte cognitive de la structure hypertexte, est également envisagée. Les chercheurs commencent à mettre en évidence que les cartes, en montrant les liaisons existants entre les nœuds qu'elles

présentent, sont favorables à ce développement (Monk A. F., 1988; Edwards D. M., 1989).

Cette idée est approfondie en comparant spécifiquement l'effet de la présence/absence de liens sémantiques explicites dans des cartes, ou des tables des matières, et d'autres outils comme les index. Les versions de ces outils avec liens explicites sont estimées comme étant meilleures (Simpson A., 1990; Zhao Z., 1994). Une carte semble constituer un outil de navigation plus clair parce qu'elle préserve la liberté de choix de l'utilisateur tout en montrant les liens sémantiques implicites entre les documents (Calvi L., 1997).

Cet avantage de la carte évoque la notion de double codage, mise en avant par les sémiologues. Celle-ci indique que les activités cognitives seraient régies par deux systèmes de codage différenciés: un système de représentation verbal, lié à l'expérience du langage qu'a l'individu, et un système de représentation spatial, lié à l'expérience perceptive de l'environnement (Paivio A., 1986; Denis M., 1993). En particulier, les outils, comme la carte conceptuelle et la table des matières classique du livre, supporteraient les activités cognitives liées à la recherche d'information parce qu'ils fonctionnent tant sur un niveau verbal que spatial.

L'idée que les cartes comportent de nombreux avantages s'installe (Dobashi K., 1994; Dee Lucas D., 1995; Chou C., 1998) bien que certaines données, plus nuancées à leur encontre, doivent certainement rester en mémoire. Ainsi, dans des hypertextes reposant sur une structure en réseau, l'utilisateur semble préférer employer un index qu'une carte (Leader L. F., 1996). De plus, l'utilisation de la carte semble plus correspondre à une première navigation (Gay G., 1991).

Calvi précise aussi que si l'utilisateur a le choix de l'outil qu'il peut employer, il opte en priorité pour une table des matières analogue à celle d'un ouvrage imprimé, car elle correspond au modèle du livre et donc à une habitude. Ce résultat s'inscrit ainsi dans la suite d'une autre série d'expériences qui comparent l'efficacité d'une recherche d'information à partir des supports papier et hypertexte. Une seule d'entre elles trouve des résultats résolument à l'avantage de l'hypertexte (Gray S. H., 1989) tandis que les autres montrent que l'efficacité de ce support dépend surtout de ses outils de navigation avec lesquels les utilisateurs doivent d'ailleurs se familiariser (Egan D. E., 1989; McKnight C., 1990).

Cette notion de familiarité, avec un système et des outils, est vue assez tôt comme importante. Dans un premier temps, elle prête à discussion. Certains résultats montrent que les experts préfèrent une carte alors que les novices sont favorables à des menus symboliques (Sutcliffe A. G., 1985). D'autres ne confirment toutefois pas toujours ces préférences, liées à des niveaux de familiarité avec l'informatique (Hitch G. J., 1986).

Actuellement, un consensus s'est développé à ce propos. L'habitude de l'usage d'un système par les utilisateurs et leurs connaissances préalables en informatique sont reconnues comme des facteurs très significatifs du type de navigation suivie (Rouet J.-F., 1994; Zeller P., 1997). Les utilisateurs procèdent souvent à une première navigation systématique et exploratoire visant à se familiariser avec le système (Beasley R. E., 1997), que ce soit dans une structure hiérarchique ou en réseau.

Les incidences de ces structures sur la navigation sont d'ailleurs comparées. La structure en réseau apparaît comme plus difficile pour des novices tandis que la structure hiérarchique prime pour tous les utilisateurs. Celle-ci devrait être l'organisation sous-jacente de tout hypertexte servant à une recherche d'information (Mohageg M. F., 1992). De même, pour un apprentissage avec un hypertexte, une structure en embranchement (base hiérarchique et réseau limité) est aussi préconisée (Paolucci R., 1998).

Il faut aussi tenir compte des spécificités liées au format de présentation global de l'hypertexte et à la structure conceptuelle d'un titre hypertexte donné. Ainsi une table des matières fonctionne mieux si elle est placée dans un écran séparé de celui du document (Wright P., 1990a) ce qui conforte des idées théoriques sur le besoin d'une organisation spatiale à l'écran des différents types d'information contenus dans un hypertexte (Bernstein M., 1988). De plus, si l'hypertexte est une encyclopédie alors l'index apparaît comme le meilleur outil possible (Wright P., 1990b) ce qui traduit l'adéquation nécessaire entre la structure conceptuelle d'un hypertexte et ses outils de navigation.

4.4.3 Expérience de navigation et besoin d'une recherche exploratoire

Bien que l'ensemble de ces publications semble être favorable à un menu graphique, en particulier sous la forme d'une carte, il est difficile de considérer leurs résultats comme définitifs et généralisables tant les cadres théoriques, les modes expérimentaux et les types d'hypertextes testés sont différents d'une expérience à l'autre.

L'une de ces recherches montre qu'une table des matières et un index sont appropriés pour de petits hypertextes tandis qu'une carte globale de l'hypertexte l'est plus pour une navigation libre. Mais elle préconise aussi que l'emploi d'une carte personnelle de l'utilisateur, montrant les endroits déjà visités par celui-ci, est meilleur que la carte globale (Monk A. F., 1990a). Cette étude rejoint donc les idées émises sur le besoin d'un historique de la navigation (Nielsen J., 1990b) et ses résultats paraissent généralisables.

Mais Monk définit la carte qu'il teste comme représentant l'ensemble des liens de l'hypertexte. Il va ainsi à l'encontre des résultats théoriques, parus - il est vrai - ultérieurement à sa recherche, qui montrent que l'efficacité d'une telle carte repose au contraire sur le fait de réduire la complexité du réseau (cf. section 3.3).

La signification de la carte pour Monk n'est donc pas celle de la vue globale mise en avant dans les sections 2 et 3. Il en est de même pour beaucoup des différents auteurs cités plus haut: leur définition de la carte est très variable (carte en étoile, réseau sémantique, carte conceptuelle, etc.), pour autant qu'elle soit précisée et que l'outil avec lequel elle est comparée le soit aussi (cf. Annexe 1.2). Certaines d'entre elles comparent, par exemple, une carte avec une absence de carte sans préciser par quel outil elle est remplacée (Stanton N. A., 1992; Dias P., 1997).

Il est donc difficile d'entrevoir directement une réponse probante à la troisième question détaillée de la problématique (cf. section 4.1) au travers de ces publications. Par contre, les points importants qu'elles mettent en évidence peuvent servir à la constitution d'une expérience³⁶ qui, en les rassemblant, devrait permettre d'aller plus loin par rapport à la tâche de recherche d'information dans un hypertexte:

1. La comparaison d'une carte conceptuelle et d'une table des matières permet de tester:
 - les aspects graphique et symbolique d'une vue globale,
 - l'effet de la présence/absence de liens sémantiques explicites.
2. La comparaison de ces deux versions d'une vue globale permet aussi de tester la prégnance des modèles mentaux liés aux outils de lecture du livre imprimé par rapport à l'émergence d'autres outils de navigation.
3. Deux groupes d'utilisateurs, effectuant soit une navigation libre puis dirigée soit uniquement une navigation dirigée, devraient permettre d'évaluer comment la familiarité de l'utilisateur intervient dans sa navigation.

Dans cette expérience, les différences de navigation induites par le type de structure de l'hypertexte (hiérarchique et réseau) sont laissées de côté. La majorité des publications, considérées plus haut, étudient une structure hiérarchique et effectuer une expérience avec une telle structure permet ainsi une comparaison avec les résultats de ces publications.

Le développement de la mémorisation et de la compréhension de la structure des contenus de l'hypertexte (Beaufils A., 1996) et celui d'une carte cognitive sont également laissés de côté³⁷. L'expérience à développer est centrée sur les problèmes de la pertinence de la navigation en fonction de l'outil de navigation employé pour effectuer une tâche de recherche d'information tandis que l'apprentissage construit au travers de l'utilisation de l'hypertexte est

³⁶ Son principe est clair. Il faut procéder à une comparaison de l'utilisation, par un échantillon du public test, de deux types de tables des matières dans un CD-ROM de culture scientifique: une table des matières traditionnelle et une carte conceptuelle interactive jouant le rôle de table des matières.

³⁷ Leur importance n'est pas négligée mais le fait qu'une vue globale de l'hypertexte facilite le développement d'une carte cognitive de sa structure conceptuelle est considéré comme un postulat.

considéré comme une conséquence progressive de la navigation (cf. aussi section 2.2).

Cette expérience considère les vues globales de la structure conceptuelle de l'hypertexte et les cartes conceptuelles, proposées comme pouvant jouer le rôle de table des matières, du point de vue de la technologie éducative³⁸. Il est important de les considérer aussi du point de vue de la technologie de distribution³⁹ (Clark R. E., 1994).

Il faut vérifier la facilité et/ou les difficultés avec lesquelles la technologie éducative qu'est une carte conceptuelle s'intègre dans la technologie de distribution qu'est un CD-ROM. Autrement dit, il faut évaluer dans quelle mesure des auteurs parviennent à élaborer une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle durant la conception d'un CD-ROM pour vérifier les arguments intuitifs qui plaident en sa faveur pour cette tâche.

En premier lieu, c'est un outil qu'il est très simple d'apprendre à utiliser et des enfants de six ans parviennent à le maîtriser (Wynne H., 1994). De plus ces qualités d'outil de négociation favorisent la discussion, entre les personnes impliquées dans le difficile processus de conception d'un hypertexte, à propos des contenus en devenir (Platteaux H., 1997). Enfin, la carte conceptuelle devrait faciliter la convergence des intentionnalités de l'auteur et des utilisateurs (Paquelin D., 1996).

De plus, avant d'effectuer l'expérience de comparaison entre les deux versions d'une table des matières (formats de présentation de celle des ouvrages imprimés et d'une carte conceptuelle), il est pertinent de collecter des données donnant une première estimation de la façon dont des utilisateurs perçoivent une carte conceptuelle à laquelle des auteurs donnent le rôle de table des matières mais à laquelle les utilisateurs ne sont pas habitués.

Une recherche exploratoire est donc envisagée dans ce sens avec le Projet Pollen⁴⁰. Elle vise essentiellement les deux objectifs principaux relevés ci-dessus:

1. voir si les auteurs d'un CD-ROM peuvent construire une telle table des matières en s'aidant d'une carte conceptuelle dans leur travail de conception;

³⁸ C'est la technologie qui permet d'influencer les apprentissages de l'apprenant, c'est-à-dire les formats de présentation des outils, la structuration des documents, le type de pédagogie employé.

³⁹ C'est la technologie donnant accès à un message éducatif, c'est-à-dire un ordinateur, un livre, voire même un enseignant

⁴⁰ Pollen, qui signifie "Publishers on Line", est l'un des projets retenus pour la période 1996-1997 dans le Programme Applications Télématiques de l'Union Européenne, Direction Générale XIII.

2. voir si la carte conceptuelle est ressentie dans un contexte d'utilisation familial (navigation libre, utilisateur non contraint) comme une table des matières.

L'observation des utilisateurs participant à la recherche exploratoire devrait aussi pouvoir permettre de définir plus précisément la méthodologie de l'expérience finale de navigation qui doit apporter des réponses à la troisième question de la problématique.

Les Chapitres 2 et 3 présentent les données récoltées avec la recherche exploratoire ainsi que l'analyse de ces données. Les choix méthodologiques faits pour l'expérience comparant deux formats de présentation d'une table des matières d'un hypertexte sont explicités dans le Chapitre 4. Les résultats de cette expérience constituent le Chapitre 10.

- Le format adopté pour une vue globale graphique (servant à une comparaison avec une table des matières classique) est celui d'une carte conceptuelle au sens de Novak: des nœuds et des liens constituant un réseau de propositions signifiantes.
- Les expériences comparant les outils de navigation de l'hypertexte sont plutôt en faveur d'une telle carte. Mais leurs cadres théoriques, leurs modes expérimentaux et les types d'hypertextes qu'elles testent sont différents et empêchent une généralisation de leurs résultats.
- Le principe d'une expérience permettant d'aller plus loin dans l'étude de la recherche d'information dans un hypertexte peut par contre reposer sur les points importants de ces expériences antérieures: aspects symbolique et graphique, absence/présence de liens sémantiques explicites, prégnance des modèles mentaux liés aux outils de lecture du livre, familiarité des utilisateurs avec un hypertexte.
- Une recherche exploratoire est envisagée pour obtenir des premières données sur la façon dont une carte conceptuelle est perçue par des utilisateurs et pour vérifier que les auteurs d'un CD-ROM parviennent à construire une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle.

CHAPITRE 2

UTILISATION D'UN CD-ROM SUR LA BIOLOGIE DANS UN CONTEXTE FAMILIAL

L'expérience exploratoire de navigation, faite dans le cadre du projet Pollen, considère l'utilisation quantitative du prototype *Génome Humain*, les activités menées par les utilisateurs avec ce logiciel et leur compréhension de la navigation avec la carte conceptuelle proposée comme table des matières.

Les mesures effectuées (nombre des sessions, temps total de connexion, analyse des sessions individuelles) amènent plusieurs résultats. Le fonctionnement global du prototype est effectif. L'activité principale des utilisateurs consiste à explorer les couches documentaires du prototype tandis que les Forums de discussion sur le réseau, qui correspondent à une attente réelle des utilisateurs, sont utilisés indépendamment des documents.

Les utilisateurs sont satisfaits de l'outil de navigation. Son utilité est confirmée et il se révèle plutôt facile à utiliser. Sans lui trouver vraiment un nom, les utilisateurs identifient ses fonctions: l'aide à la navigation et la vue d'ensemble des contenus. Le modèle mental qu'ils construisent pour naviguer dans le prototype avec la carte conceptuelle révèle un défaut ergonomique de celle-ci: les utilisateurs suivent les flèches (aspect représentation de la carte conceptuelle) et ne pensent pas que ces liens sont actifs et donnent accès à des documents (aspect procédural de la carte conceptuelle).

La complémentarité de données quantitative et qualitative, issue d'un entretien initial, des session(s) interactive(s), et d'un entretien final, doit être conservée pour l'expérience visant à comparer deux versions d'une table des matières. Une tâche, ayant pour but de rechercher certains contenus, est nécessaire pour une telle comparaison. Les mesures à effectuer doivent alors prendre en compte les types de contenus explorés, à partir de la table des matières, et le déroulement séquentiel de la session de navigation.

1. CADRE DE L'EXPERIENCE EXPLORATOIRE DE NAVIGATION

1.1 Buts de l'expérience

Au niveau de la technologie éducative, l'expérience exploratoire est mise en place avec un double but. Il s'agit d'une part de récolter des données générales sur l'utilisation d'un CD-ROM de culture scientifique dans un contexte proche de celui d'un produit commercial: dans des familles - avec un nombre d'utilisateurs relativement grand - et sur une période d'utilisation relativement grande. D'autre part, il s'agit de préparer la méthodologie à employer pour comparer l'utilisation de deux versions d'une table des matières (la carte conceptuelle et une table des matières classique). On peut penser, par exemple, révéler ainsi des biais inhérents au prototype hypermédia utilisé.

L'expérimentation est menée dans le cadre du projet Pollen (cf. Chapitre 1, section 5.3) avec le prototype *Génome Humain*¹, ayant une table des matières proposée sous la forme d'une carte conceptuelle et des fonctions liées au réseau (Forum, Editeur, etc.), à Saint-Quentin-en-Yvelines durant un mois un demi² dans un contexte familial.

Pour le projet Pollen, l'analyse des sessions interactives de ces utilisateurs avec le prototype est restée très globale (Pouts-Lajus S. et al., 1998). Pour l'expérience exploratoire de notre recherche doctorale, les données du projet Pollen sont utilisées mais l'analyse de l'activité des utilisateurs avec l'outil de navigation proposé est poussée beaucoup plus loin.

L'analyse cherche à mesurer principalement:

1. l'utilisation quantitative du prototype (nombre et durées des sessions);
2. les activités des utilisateurs développées avec le prototype
 - les parties (documents et outils) les plus approfondies du prototype,
 - la complémentarité entre les parties documentaires et de communication;
3. la compréhension chez les utilisateurs de la carte conceptuelle et de la navigation.

¹ La description du prototype *Génome Humain* est donnée dans le Chapitre 4 traitant des choix méthodologiques effectués, dans les sections relatives à l'expérience de navigation comparant les deux versions d'une table des matières.

² La période durant laquelle les utilisateurs de Saint-Quentin ont employé le prototype s'est déroulée entre le 16.10.96 et le 30.11.96.

Le but général de cette expérience exploratoire est de montrer comment est utilisée la carte conceptuelle employée comme table des matières dans un CD-ROM de culture scientifique lorsque des utilisateurs emploient le prototype sans contrainte: pas de nombre ni de durée prédéterminés pour les sessions interactives, pas de tâches précises à effectuer lors des différentes sessions. Les volontaires de l'expérience de Saint-Quentin sont laissés entièrement libres de l'utilisation qu'ils font du prototype et les sessions interactives résultantes sont analysées globalement.

La pertinence d'une telle expérience dépasse celle relative à la construction de la méthodologie à développer pour comparer différentes versions d'un outil de navigation jouant le rôle de table des matières. Les études, effectuées dans un cadre familial réel, de l'utilisation de prototypes hypermédias de culture scientifique accessibles via le réseau informatique sont encore très rares.

1.2 Aspects méthodologiques

L'expérience de Saint-Quentin comprend trois phases d'évaluation: entretien initial, sessions de navigation et entretien final. L'entretien initial a pour but d'établir un contact avec les utilisateurs et de les informer du déroulement de l'expérimentation, notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique d'un fichier de navigation pour chacune de leurs sessions³. Autrement dit, il permet de leur indiquer les conditions de l'expérience à laquelle ils participent et de leur préciser qu'ils ne sont pas évalués mais que le prototype l'est.

Les volontaires vont certainement effectuer plusieurs sessions interactives, voire de nombreuses sessions. Mesurer quantitativement l'utilisation du prototype repose donc sur la comptabilisation du nombre et de la durée des sessions et sur l'évaluation de l'évolution de cette durée au fur et à mesure des sessions.

Chacune des sessions individuelles des utilisateurs est analysée dans son ensemble, sans tenir compte de la chronologie des actions de l'utilisateur au cours de la session puisque celui-ci n'a pas de tâche précise à effectuer. Une analyse de la complémentarité des couches off line - documents multimédias - et on line - outils télématiques - (cf. Annexe 4.2) est faite pour évaluer le type d'activité souhaité dans un tel produit de culture scientifique:

- exploration de documents;
- communication entre différents utilisateurs sur un thème donné.

Les volontaires de cette expérience étant relativement nombreux et naviguant à leur guise, l'analyse des sessions considère souvent de façon séparée les cinq plus grands utilisateurs, définis comme ceux ayant effectué le plus de sessions

³ Un exemple d'un tel fichier est donné dans l'Annexe 4.6.

interactives, afin de voir si leur comportement les distinguent des autres utilisateurs. De plus, pour certaines mesures particulières, des calculs d'écart-type sont faits pour identifier et rejeter les données d'utilisateurs qui s'éloignent trop de la moyenne observée avec les données de tous les utilisateurs.

L'entretien final aborde des questions concernant les outils de navigation du prototype et les impressions d'ensemble des utilisateurs sur le CD-ROM. Les renseignements spécifiques à l'outil de navigation proviennent de trois questions ouvertes posées successivement aux utilisateurs:

1. Vous vous en êtes beaucoup servi?
2. Comment l'appelleriez vous et à quoi vous servait-il?
3. Comment l'avez vous utilisé?

- L'expérience exploratoire de navigation a pour but de récolter des données sur l'utilisation d'un CD-ROM de culture scientifique dans un contexte familial et de préparer la méthodologie à employer pour comparer l'utilisation de deux versions d'une table des matières (la carte conceptuelle et une table des matières classique).
- L'expérimentation est menée dans le cadre du projet Pollen avec le prototype *Génome Humain*, ayant une table des matières proposée sous la forme d'une carte conceptuelle et des fonctions liées au réseau. Les utilisateurs naviguent sans contrainte ni tâche précise à effectuer.
- Les mesures effectuées sont relatives à l'utilisation quantitative du prototype (nombre et durées des sessions), aux activités des utilisateurs avec le prototype et à la compréhension chez les utilisateurs de la carte conceptuelle et de la navigation.
- L'expérimentation comprend trois phases d'évaluation: entretien initial, sessions de navigation et entretien final. L'entretien initial permet de présenter l'expérimentation aux utilisateurs. Les sessions individuelles de navigation sont analysées sans tenir compte de la chronologie des actions de l'utilisateur puisque celui-ci n'a pas de tâche précise à effectuer. L'entretien final repose sur des questions ouvertes à propos des impressions d'ensemble des utilisateurs sur le prototype et, surtout, sur leur perception de la carte conceptuelle comme outil de navigation.

1.3 Critères de sélection des sessions à analyser

Dans un premier temps, les volontaires sont recrutés, à Saint-Quentin-en-Yvelines, parmi les 180 personnes environ ayant émis le désir de faire partie de l'expérimentation câble 1997 de France Télécom, dans laquelle s'insère celle du projet Pollen. Un courrier⁴ envoyé à toutes ces personnes permet de recruter 39 volontaires.

⁴ Ce courrier décrivait globalement le projet Pollen et l'attente des six personnes de l'équipe d'évaluation du prototype Génome Humain par rapport aux éventuels utilisateurs quant à l'expérimentation mise sur pied.

Des considérations d'ordre technologique sont alors prises en compte pour sélectionner les utilisateurs. D'une part, certains des volontaires ne peuvent pas participer du tout à l'expérimentation du fait de problèmes d'installation du logiciel sur le disque dur de leur PC. D'autre part, des ruptures aléatoires de connexion au réseau en cours d'expérimentation ont lieu et obligent à rejeter des volontaires⁵. Enfin, d'autres personnes ne se sont pas connectées au logiciel, peut-être par manque de temps sur la période relativement courte de l'expérimentation.

Ce sont donc les sessions interactives de 24 volontaires restant qui sont analysées et les sessions des autres utilisateurs ne sont pas prises en compte. Remarquons que certains des utilisateurs retenus se sont connectés également après la fin de la période d'expérimentation (6 sessions interactives). Bien que des fichiers de navigation nous soient parvenus pour ces sessions, ils ne sont pas pris en compte dans les résultats. Cela ramène alors le nombre des utilisateurs à 23 et celui des sessions à 86.

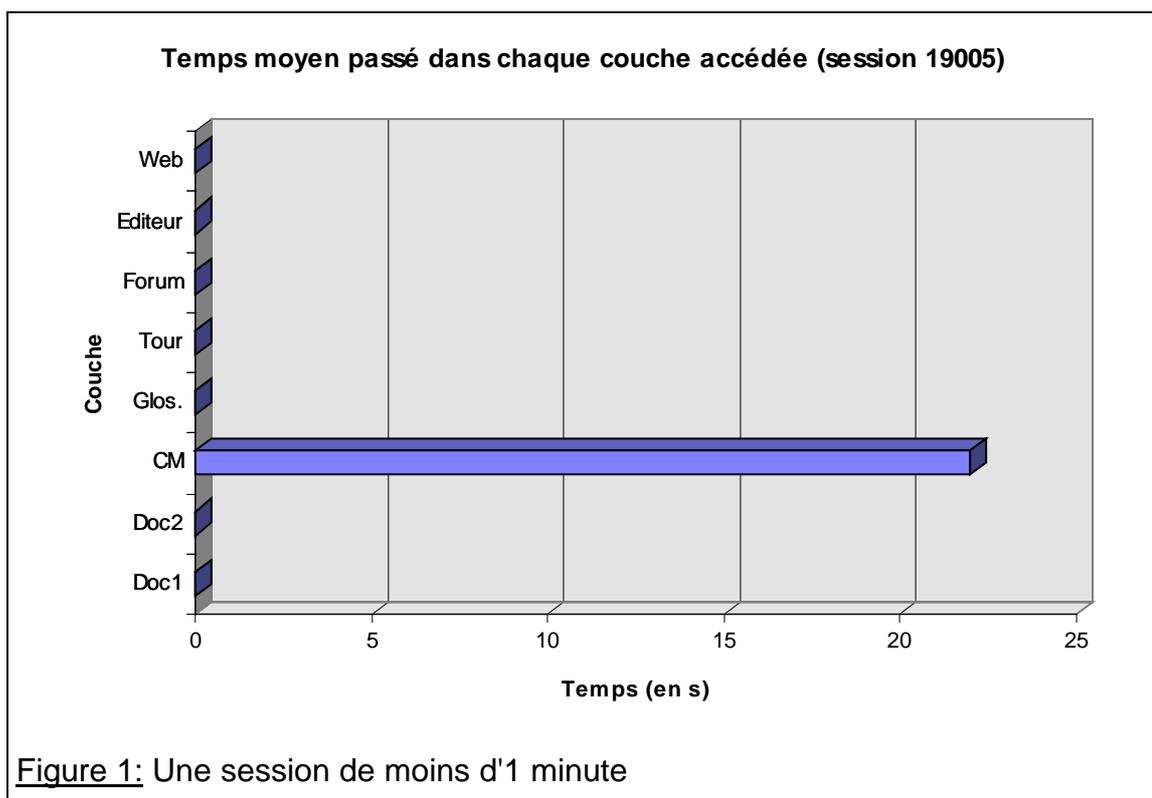
Afin de parvenir à une sélection définitive, les durées de ces 86 sessions sont classées en quatre catégories montrées dans le tableau ci-dessous.

Durée des 86 sessions	Proportion des sessions
$t < 1 \text{ mn}$	9 %
$1 \text{ mn} \leq t < 5 \text{ mn}$	24 %
$5 \text{ mn} \leq t < 20 \text{ mn}$	36 %
$t \leq 20 \text{ mn}$	31 %

Avec un minimum de 21 secondes, un maximum de 6993 secondes (environ 116 minutes) et une moyenne de 1106 secondes, les durées des sessions sont très variables: 67% des sessions durent plus de cinq minutes et 31% des sessions ont une durée supérieure à 20 minutes. Mais ce sont surtout les sessions de moins d'une minute (8 sessions sur 86) qui retiennent l'attention dans cette phase de sélection.

Toutes les sessions de moins d'une minute présentent la forme caractéristique montrée dans la Figure 1: l'utilisateur s'est connecté au logiciel, est parvenu à l'écran d'accueil et n'est pas allé plus loin. Toute la durée de sa session se passe dans l'écran d'accueil ce qui implique en particulier que l'utilisateur n'a effectué aucune navigation dans le logiciel. Ces cas correspondent sans doute à des ruptures inopinées du réseau en début de session.

⁵ Ainsi l'utilisateur 150 s'est plaint que la grande majorité de ses sessions (7 sur 10) ont été arrêtées par de telles ruptures du réseau.



De même que l'utilisateur 150 a été éliminé, les sessions de moins de 60 secondes le sont également. L'analyse se fait donc finalement avec 22 utilisateurs et 78 sessions. Le tableau ci-dessous donne alors les durées de ces sessions.

Durée des 78 sessions	Proportion des sessions
$1 \text{ mn} \leq t < 5 \text{ mn}$	27 %
$5 \text{ mn} \leq t < 20 \text{ mn}$	39 %
$t \leq 20 \text{ mn}$	35 %

L'équipe d'évaluation du prototype *Génome Humain* du projet Pollen n'effectue pas de sélection, basée sur des critères de connaissances relatives à l'informatique et à la biologie, parmi les volontaires. L'entretien initial, préalable aux sessions interactives avec le prototype, sert donc plutôt à rassurer les volontaires et à installer le logiciel sur le disque dur de leur PC.

2. LE PROTOTYPE EST-IL BEAUCOUP UTILISÉ ?

2.1 Fréquence d'utilisation du prototype

Parmi un total de 78 sessions interactives, la grande majorité des 22 utilisateurs effectuent un nombre relativement peu élevé de sessions (cf. Figure 2). La proportion des utilisateurs ayant fait une unique session est de 45,45 %

et si l'on regroupe les utilisateurs ayant effectué jusqu'à trois sessions, on obtient une proportion de 68,18 %. Le nombre moyen de sessions par utilisateur est néanmoins de 3,55 du fait que la proportion des utilisateurs ayant effectué un grand nombre de sessions n'est absolument pas négligeable (27,29 % des utilisateurs pour 5 sessions ou plus; 13,65 % des utilisateurs pour 10 sessions ou plus).

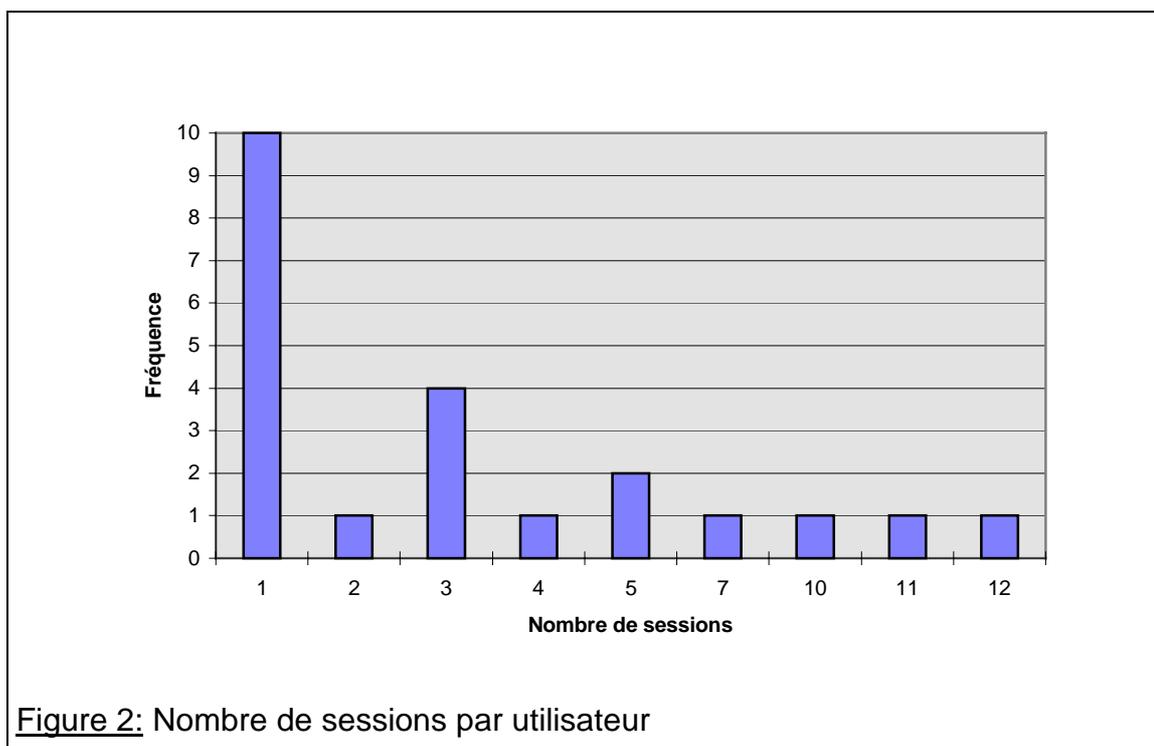


Figure 2: Nombre de sessions par utilisateur

Cette fréquence d'utilisation peut être précisée en considérant la répartition dans le temps, c'est-à-dire sur la durée de l'expérimentation, du nombre des sessions et du temps total de connexion. Ces deux histogrammes (cf. Figures 3 et 4) distinguent tous les utilisateurs (en bleu) et l'ensemble des cinq utilisateurs ayant effectué 5 sessions ou plus (en rouge). Les semaines sont comptées comme des périodes de sept jours à partir du 16.10.97 et jusqu'au 30.11.97 (la semaine 7 ne compte donc que 4 jours).

Les grands chiffres de la première semaine et la forte diminution de l'utilisation du prototype entre les semaines 1 et 2 correspondent à l'effet de l'installation du logiciel chez les utilisateurs. Un nouveau logiciel est attractif et chaque utilisateur se connecte pendant plus d'une demi-heure en moyenne. A partir de cette deuxième semaine, le temps de connexion et le nombre des sessions que les utilisateurs consacrent au logiciel ne diminuent plus de façon aussi drastique.

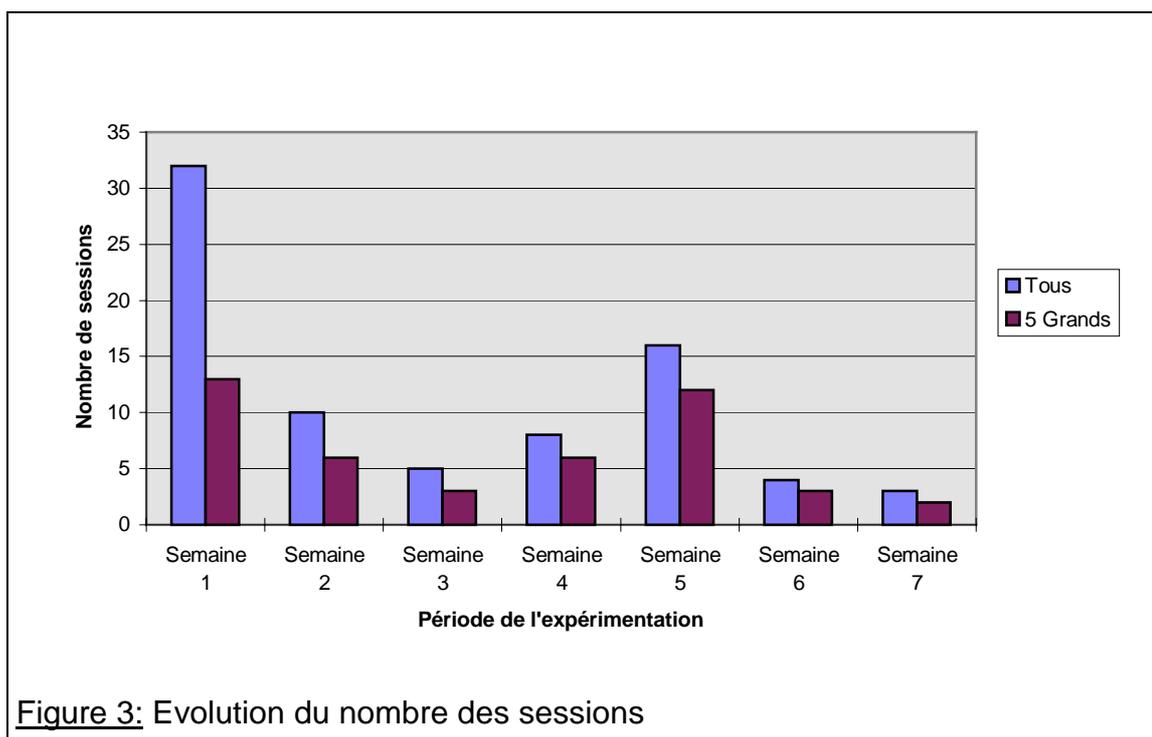


Figure 3: Evolution du nombre des sessions

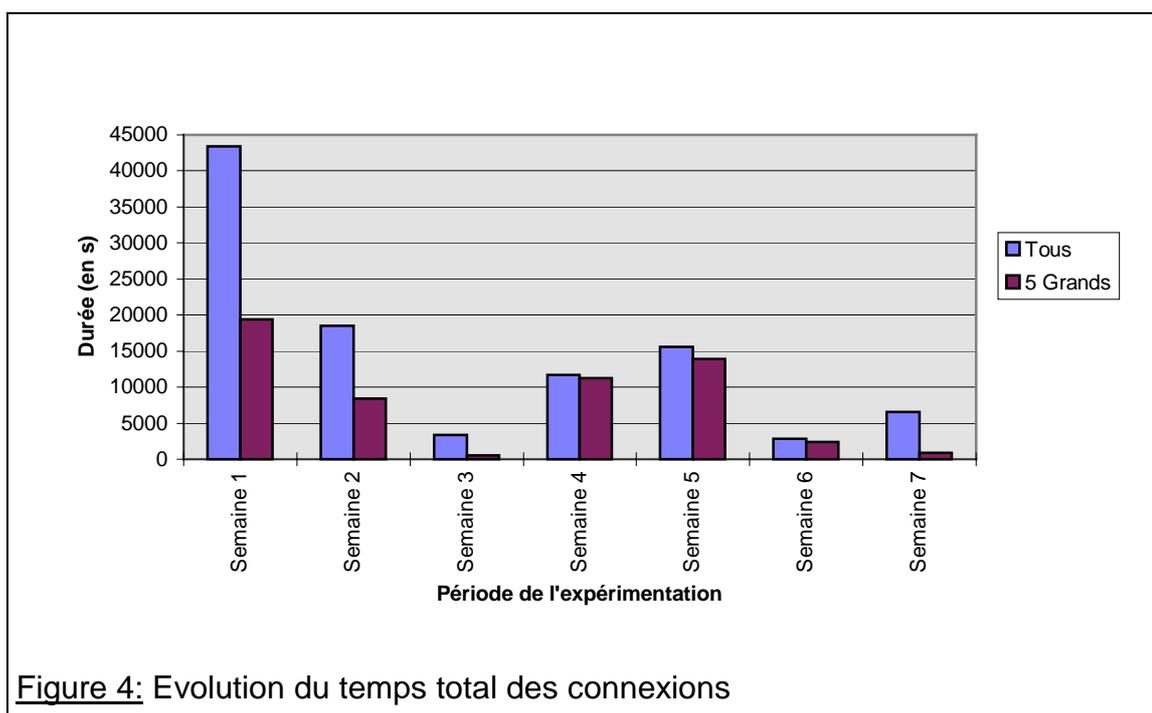


Figure 4: Evolution du temps total des connexions

Cette deuxième période pourrait donc mieux correspondre à l'utilisation régulière d'un tel produit hypermédia dans un cadre familial d'éducation informelle. Le creux noté à la semaine 3 correspond à une période de vacances (nombre des utilisateurs sont absents de leur foyer). Les deux courbes finissent néanmoins par diminuer aux semaines 6 et 7, même si l'on corrige les données de la semaine 7 qui ne compte que quatre jours (cf.

tableau ci-dessous). Cela montre que les utilisateurs sont devenus assez familiers avec le logiciel et n'y trouvent plus, globalement, d'intérêt renouvelé.

Nombre des sessions	Durée totale des connexions
<ul style="list-style-type: none"> • première semaine: le plus grand nombre de sessions • entre les semaines 1 et 2: <ul style="list-style-type: none"> - 3,20 fois moins (tous utilisateurs) - 2,16 fois moins (cinq grands) • semaine 7 corrigée (4 jours ramenés à 7): <ul style="list-style-type: none"> - 5,25 sessions (tous utilisateurs) (un peu supérieur à semaine 6) - 3,5 sessions (cinq grands) (presque identique à semaine 6) 	<ul style="list-style-type: none"> • première semaine: le plus grand temps total des connexions • entre les semaines 1 et 2: <ul style="list-style-type: none"> - 2,34 fois moins (tous utilisateurs) - 2,29 fois moins (cinq grands) • semaine 7 corrigée (4 jours ramenés à 7): <ul style="list-style-type: none"> - 11'448 secondes (tous utilisateurs) (presque identique à semaine 4) - 1'596 secondes (cinq grands) (inférieure à semaine 6)

- La grande majorité des utilisateurs effectuent un nombre relativement peu élevé de sessions. Plus de 45% d'entre eux utilisent une seule fois le prototype. Le nombre moyen de sessions par utilisateur est néanmoins de 3,55.
- Le nombre des sessions et le temps total de connexion montrent que l'installation du logiciel de culture scientifique testé est attractive et que, après un peu plus d'un mois, les utilisateurs sont devenus assez familiers avec le logiciel et n'y trouvent plus, globalement, d'intérêt renouvelé.

2.2 Evolution de la durée moyenne des sessions individuelles

L'évolution de la durée moyenne des sessions individuelles permet de mieux considérer le comportement des individus alors que les résultats présentés jusqu'à présent mélangent tous les utilisateurs. Les durées comptabilisées pour les sessions individuelles, et donc pour les totaux et les moyennes de durées des sessions, correspondent au temps utile des sessions⁶.

Afin d'établir l'évolution de la durée des sessions individuelles, la durée moyenne de chacune des sessions a d'abord été calculée (durée moyenne de la première session, de la deuxième, etc.). Une première courbe d'évolution est ainsi obtenue (cf. Figures 5 et 6)⁷. Dans un deuxième temps, vu la forte dispersion des données, un calcul d'écart-type a été fait sur la moyenne de

⁶ La notion de temps utile est explicitée dans le Chapitre 4 concernant les choix méthodologiques.

⁷ Notons que la 12^{ème} session de l'utilisateur 190 n'a pas été prise en compte dans ce graphique car elle ne correspond pas à l'évolution normale des sessions. En effet lorsque cet utilisateur a été informé par l'équipe d'évaluation que l'expérimentation allait se terminer, il lui a fait savoir que sa dernière session avait eu pour but de parcourir à nouveau l'ensemble des contenus du prototype et était très longue (5'705 secondes).

chaque session. L'écart-type est calculé selon la loi normale avec biais:

$$\sigma = 1/n(n \bar{x}^2 - (\sum x)^2)^{1/2}$$

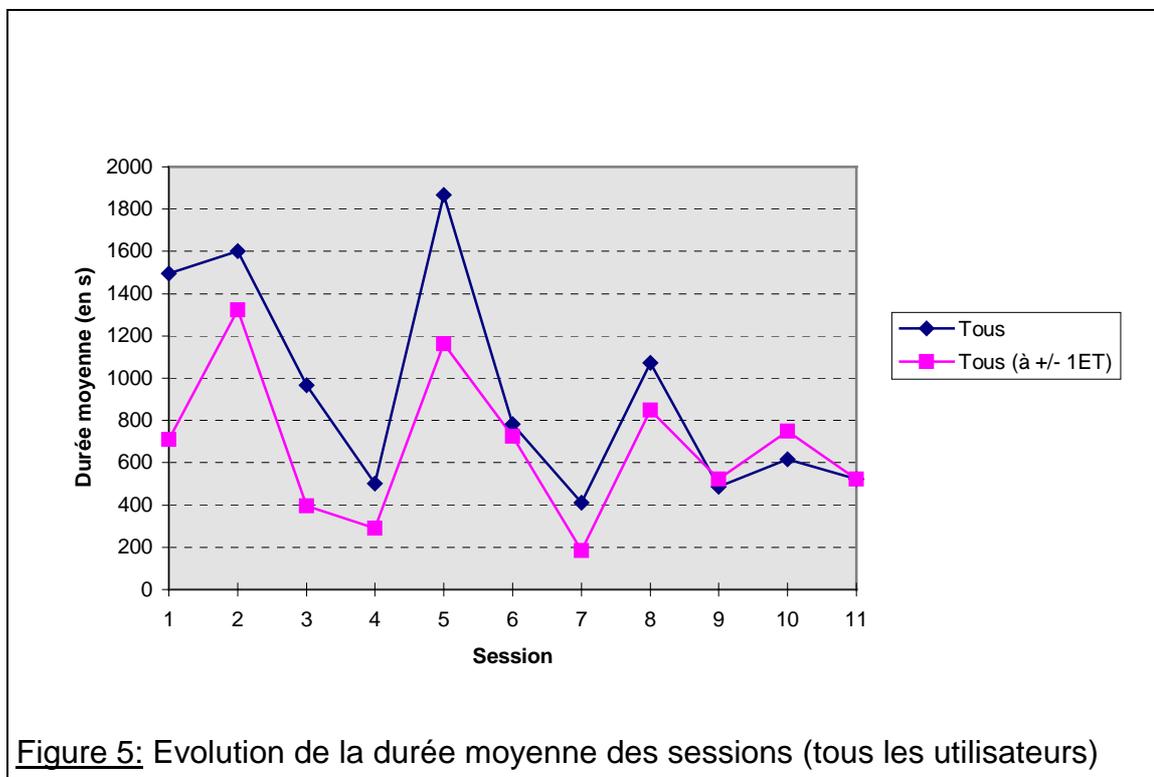


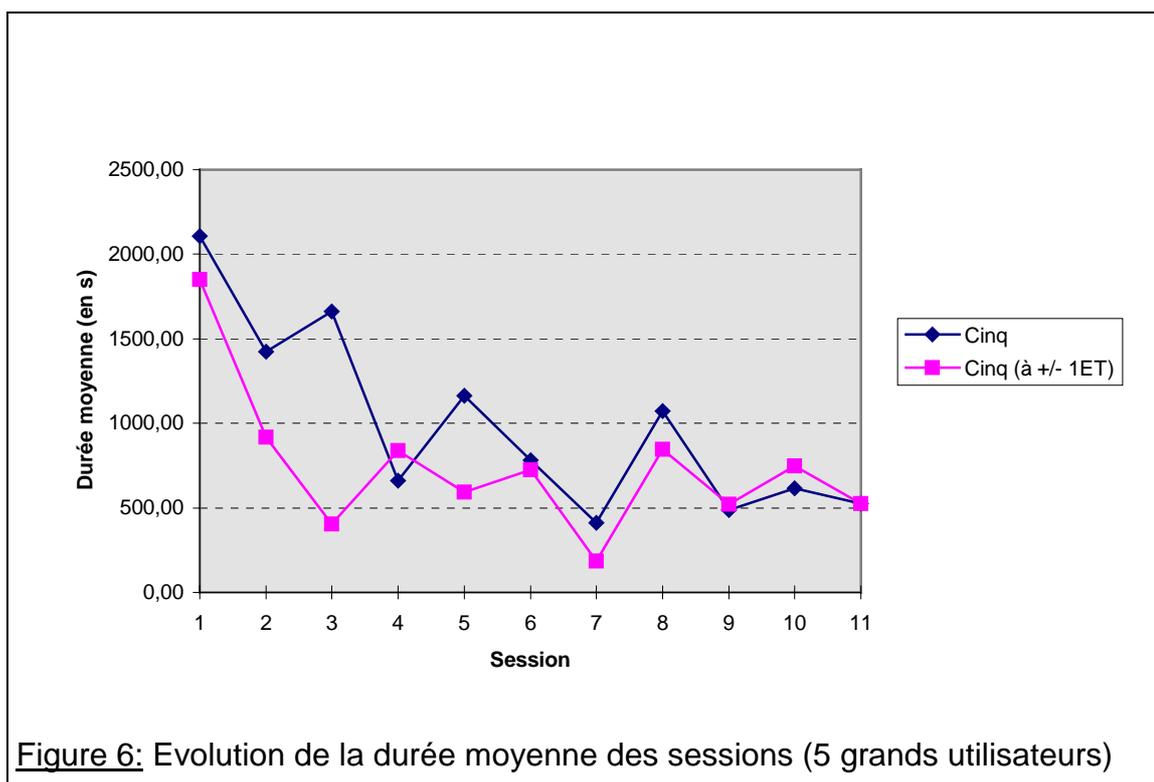
Figure 5: Evolution de la durée moyenne des sessions (tous les utilisateurs)

Ce calcul a été effectué afin de retirer certaines sessions (celles des utilisateurs se situant à plus de 1σ de la moyenne calculée avec tous les utilisateurs) pour pouvoir calculer les moyennes des durées des sessions plus proches de la moyenne (cf. Figure 5). La même procédure a été suivie avec les cinq plus grands utilisateurs (cf. Figure 6). La forte dispersion des durées des sessions autour de leurs durées moyennes se traduit par le nombre relativement important des utilisateurs que l'on retire ainsi: 18% pour la session 1, 42% pour la session 2, 9% pour la session 3, 43% pour la session 4, 17% pour la session 5.

Les deux courbes sans correction par le calcul d'écart-type, prenant en compte l'ensemble des utilisateurs et les cinq plus grands, montrent une forte décroissance de la durée moyenne des sessions. Cette décroissance est encore plus forte dans le cas des cinq plus grands utilisateurs que pour l'ensemble des utilisateurs: on passe de 2106 à 524 secondes (diminution par 4,02) au lieu de 1600 à 524 secondes (diminution par 3,05). Ce comportement global et cette différence se retrouvent dans les deux courbes correspondant

aux mêmes catégories d'utilisateurs mais basées sur le calcul d'écart-type⁸.

Le résultat trouvé avec les Figures 3 et 4 se confirme donc. Le temps passé par l'utilisateur pour chaque session diminue au fur et à mesure de l'expérimentation et ce comportement est toujours interprété comme une décroissance de l'intérêt pour un produit avec lequel l'utilisateur devient de plus en plus familier.



Une seconde constatation s'impose également. La diminution du temps passé dans les sessions successives n'est pas régulière. Bien que ces courbes soient plus régulières pour les cinq plus grands utilisateurs, une forme en escalier est observée dans les quatre courbes des Figures 5 et 6. Il semblerait donc qu'un tel logiciel soit exploré graduellement et que les utilisateurs ne procèdent pas selon le scénario en deux phases:

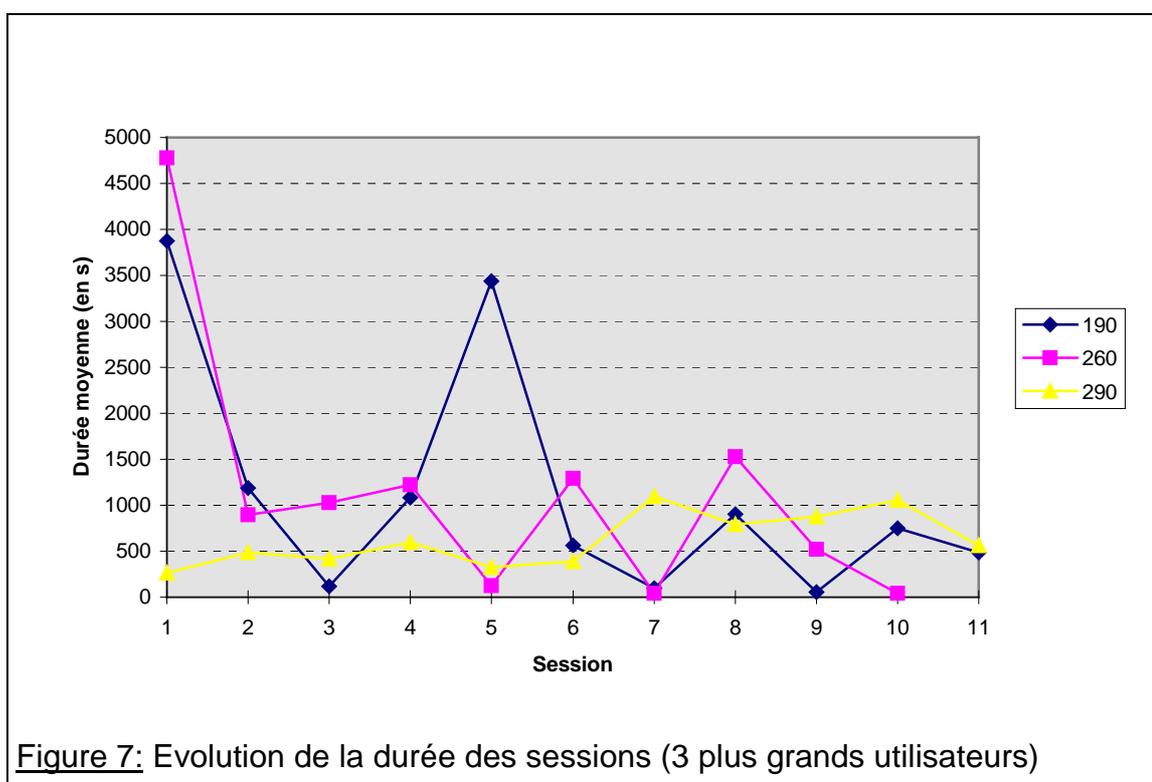
1. une première exploration très exhaustive, et donc plus longue;
2. des explorations ultérieures de certains détails, et donc plus courtes.

C'est l'interprétation générale que nous retenons de cette première partie de

⁸ Lorsque l'on compare les courbes obtenues respectivement avec tous les utilisateurs et avec les cinq plus grands utilisateurs, les différences entre les évolutions avec ou sans correction, sont plus grandes dans le premier cas que dans le second. Nous ne détaillons pas cet aspect étant donné qu'il provient uniquement de l'effet statistique du nombre d'utilisateurs tenus en compte suivant les deux cas considérés.

l'analyse globale effectuée avec cette expérience exploratoire.

Une troisième série de courbes montrant l'évolution des durées réelles des sessions individuelles des trois plus grands utilisateurs (cf. Figure 7) est établie pour vérifier que la forte dispersion notée n'amène pas une évolution moyenne complètement artificielle. Pour deux des utilisateurs (190 et 260), les observations faites sur les évolutions moyennes montrées dans les Figures 5 et 6 se retrouvent. L'utilisateur 290 présente un comportement très différent: la durée de ses sessions tend à augmenter constamment. C'est néanmoins le seul des 22 utilisateurs pour lequel le comportement moyen des Figures 5 et 6 n'est pas vrai globalement.



- L'évolution de la durée moyenne des sessions individuelles confirme que l'utilisation du prototype de culture scientifique testé diminue avec la durée de l'expérience car la familiarité des utilisateurs avec le logiciel augmente.
- Elle montre aussi que l'exploration des contenus informatifs repose sur une alternance de sessions plus courtes et plus longues (les unes par rapport aux autres) et pas sur une exploration exhaustive d'abord (plus longue) et ensuite de certains points détaillés (plus courte).

3. QUELLES ACTIVITES SONT DEVELOPPEES AVEC LE LOGICIEL?

3.1 Les utilisateurs se documentent sur le génome humain

Pour déterminer les activités développées avec le logiciel (contenus du logiciel qui sont les plus approfondis par les utilisateurs et les outils qui leur sont les plus utiles), il apparaît que les temps moyens passés dans une couche du logiciel ainsi que les nombres d'accès à ces couches ne sont pas de bons critères si ils sont considérés indépendamment. Il n'y a en effet pas de corrélation stricte entre ces notions (l'approfondissement des contenus et l'utilité des outils) et ces valeurs (le temps passé dans une couche et le nombre d'accès à une couche)⁹.

Les temps passés dans les couches et les nombres d'accès aux couches (cf. tableau ci-dessous), considérés séparément, montrent des résultats différents pour chacune des couches. Il est difficile de raisonner sur ces différences de hiérarchie dans l'utilisation des diverses couches du prototype. Au contraire, en tenant en compte simultanément les trois facteurs que sont la non corrélation évoquée ci-dessus, le poids du temps passé dans une couche et le poids du nombre d'accès à une couche, on peut mettre en évidence un classement unique des couches du prototype avec lequel on peut alors raisonner en utilisant de façon complémentaire les résultats du tableau ci-dessous.

Couche	Temps (en s)	Nombre d'accès	Moy. par accès (en s)
Doc1	34891 (1er)	198 (2ème)	176,22 (4ème)
Doc2	9609 (3ème)	58 (5ème)	165,67 (5ème)
CM	7582 (4ème)	324 (1er)	23,40 (7ème)
Glos.	4024 (7ème)	189 (3ème)	21,29 (8ème)
Tour	6262 (5ème)	15 (8ème)	417,47 (1er)
Forum	25420 (2ème)	138 (4ème)	184,20 (3ème)
Editeur	2030 (8ème)	27 (6ème)	75,19 (6ème)
Web	5536 (6ème)	23 (7ème)	240,70 (2ème)

L'approfondissement des couches du logiciel est donc analysé en se basant d'abord sur le temps moyen passé dans une couche du logiciel (temps total passé dans une couche divisé par le nombre d'accès à cette couche) et en pondérant ce temps moyen par la proportion de temps passé dans cette couche (par rapport au temps total de la session) et par la proportion du nombre d'accès à cette couche (par rapport au nombre d'accès à toutes les couches). On obtient ainsi la Figure 8 qui montre l'importance relative de chaque couche dans l'utilisation du prototype.

⁹ Cet argument est développé dans le Chapitre 4 traitant des choix méthodologiques (cf. section 3.3).

Les résultats obtenus, et montrés dans le tableau et la Figure 8, confirment une différence d'utilisation, très logique a priori, entre les divers documents et outils du prototype. On peut en effet distinguer deux catégories "d'objets"¹⁰ mis à la disposition des utilisateurs dans le prototype. Il y a d'une part les couches explicitant des contenus (Doc1, Doc2, Forum et Web). Il y a aussi les outils servant à aider l'utilisateur tant pour la navigation que pour la signification des contenus (CM, Glo.).

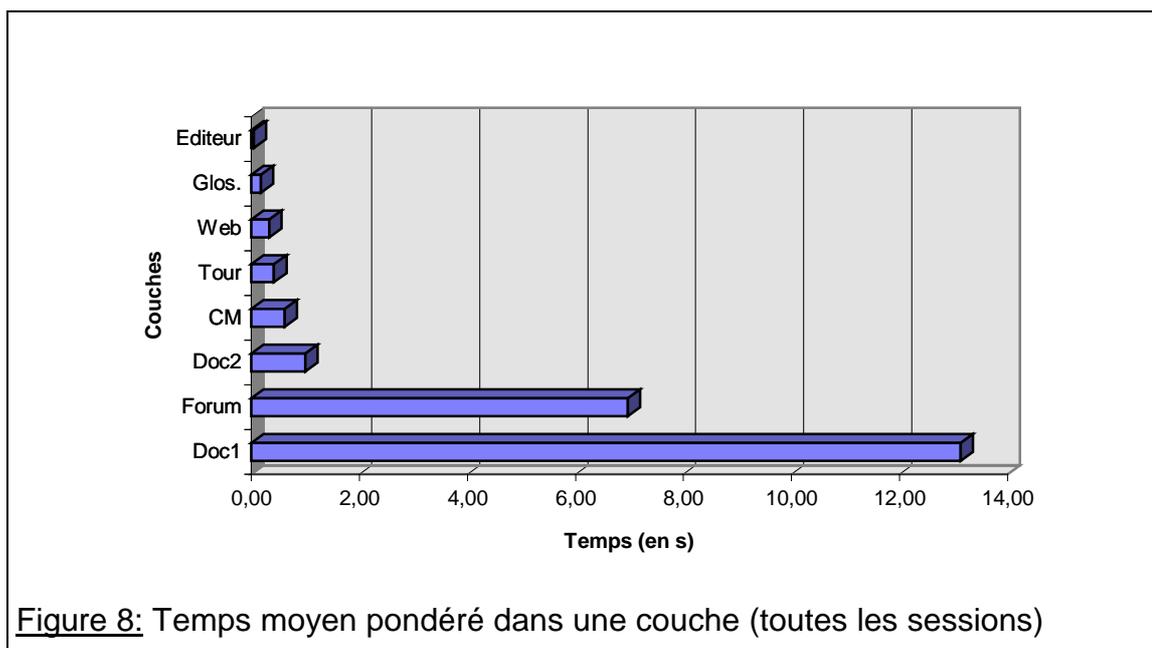


Figure 8: Temps moyen pondéré dans une couche (toutes les sessions)

A priori, les premières doivent correspondre à de longs temps d'accès et les seconds à des courts temps d'accès. C'est bien ce que les résultats obtenus indiquent: plusieurs minutes pour les premières et une vingtaine de secondes pour les seconds. Ceci montre que le fonctionnement général du prototype repose sur une conception et une implémentation globalement correctes, en particulier pour l'outil de navigation proposé. L'écran d'accueil est tout à la fois la couche du prototype à laquelle les utilisateurs accèdent le plus grand nombre de fois, ce qui traduit bien son utilité, et une couche dans laquelle les utilisateurs ne restent pas longtemps, ce qui traduit bien qu'il n'est pas difficile à utiliser (cf. aussi section 4.1).

¹⁰ Les huit couches du prototype sont définies et décrites dans le Chapitre 4. Les abréviations utilisées pour les dénommer sont: CM pour l'écran d'accueil du prototype, Doc1 pour les documents accessibles au travers des zones actives de l'écran d'accueil, Doc2 pour les documents plus détaillés accessibles au travers des Doc1, Tour pour la visite guidée, Glo pour le glossaire, Forum pour l'espace de discussion entre les utilisateurs sur le réseau, Editeur pour le contact direct entre les utilisateurs et l'équipe d'évaluation du projet Pollen, Web pour l'accès à des sites Internet sur le thème du génome humain.

Si l'on considère les couches sans prendre en compte de telles catégories, il ressort de la Figure 8 que c'est la couche Doc1 qui est de loin la plus approfondie. Ces documents sont directement accessibles par les zones actives de l'outil de navigation proposé dans l'écran d'accueil (cf. Figure 2 du Chapitre 4). Leur première place dans le classement provient sans doute en partie de la grande surface réservée à l'outil de navigation dans l'écran d'accueil. Celle-ci oriente les utilisateurs vers les Doc1. Ce biais ne semble toutefois pas trop influencer les utilisateurs qui accèdent un grand nombre de fois aux autres couches du logiciel accessibles par les icônes (petites surfaces dans l'écran d'accueil) situées en bas de l'écran d'accueil.

Les documents Doc2 viennent en troisième place dans la Figure 8 mais avec une moyenne pondérée 13 fois moins grande que celles des Doc1 ce qui s'explique par le fait que le nombre d'accès à cette couche est relativement faible (3,4 fois moins qu'à la couche Doc1). A l'encontre, on voit que lorsqu'un utilisateur accède à un document Doc2, il l'approfondit puisque les temps moyens passés dans les deux couches Doc1 et Doc2 sont très similaires.

L'activité principale des utilisateurs avec le prototype est donc de se documenter sur le sujet du génome humain. Les première et troisième places respectives des Doc1 et Doc2 montrent en effet que les utilisateurs explorent d'abord les contenus.

- L'analyse des activités des utilisateurs avec le logiciel repose sur la prise en compte simultanée du temps passé dans les couches du prototype et du nombre d'accès à ces couches.
- Les résultats obtenus montrent que le fonctionnement général du prototype repose sur une conception et une implémentation correctes.
- L'activité principale des utilisateurs est de se documenter sur le thème du génome humain. Les documents proposés sont les couches les plus approfondies du prototype.

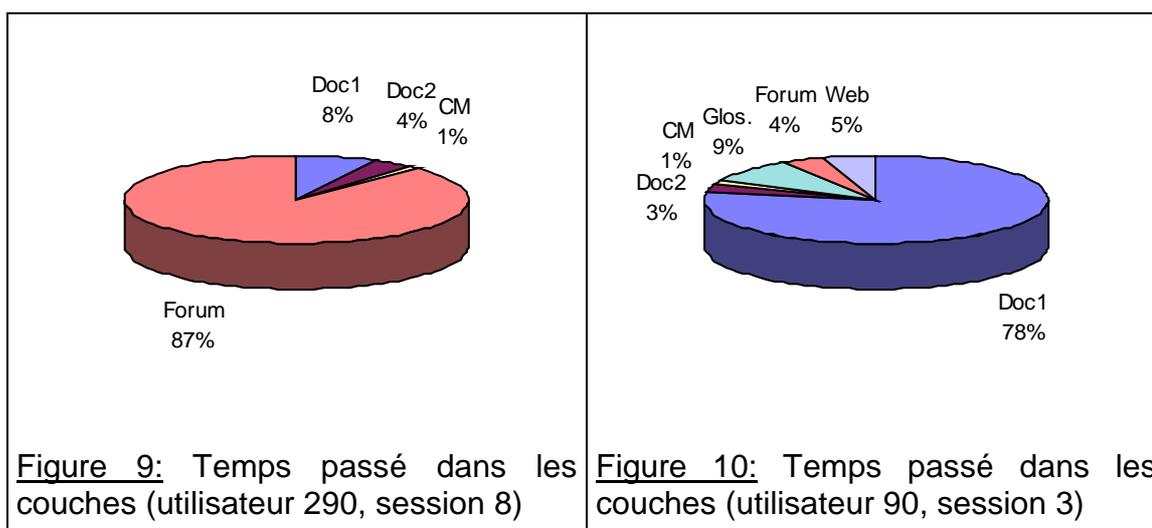
3.2 Les Forums sont utilisés indépendamment des documents

Cette activité s'effectue de façon complémentaire avec la discussion que les utilisateurs peuvent avoir entre eux au moyen de la couche du logiciel appelée Forum: son utilisation vient en seconde place (1,9 fois moins que pour la couche Doc1).

Cette forte proportion montre que les quatre Forum de discussion proposés sont implémentés correctement et correspondent à une réelle attente de la part des utilisateurs, dans ce genre d'application interactive éducative. Les autres outils de communication proposés aux utilisateurs (Web et Editeur) ne sont pas plus détaillés étant donné la très faible proportion qu'ils représentent tous deux dans l'utilisation faite du prototype.

Antérieurement à l'expérience, l'équipe de conception du logiciel avait fait

l'hypothèse que les utilisateurs développeraient une stratégie de complémentarité entre ces deux types différents d'activité et passeraient beaucoup plus, au cours d'une même session, d'une activité à l'autre. L'usage montre, qu'au contraire, les utilisateurs les perçoivent comme des parties indépendantes, chacune incitant à une navigation spécifique. Ils consacrent nombre de sessions interactives à l'utilisation exclusive, ou presque, des Forum (cf. Figure 9). A contrario, nombre de sessions sont presque entièrement consacrées à une navigation dans les documents proposés par le logiciel (cf. Figure 10).

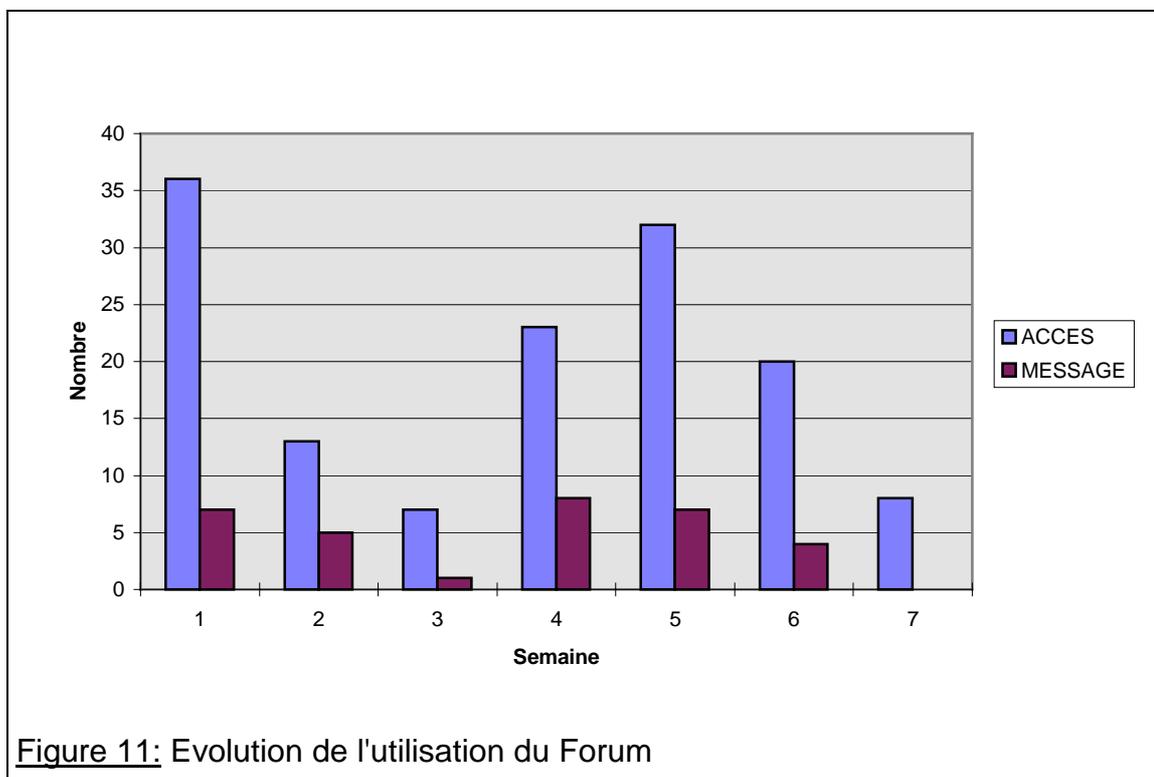


Il est logique a priori de penser qu'au cours des discussions, les intervenants du Forum feraient référence, par exemple, à des phrases de certains documents. Or cela n'a jamais été le cas dans les différents messages envoyés aux Forum par les utilisateurs. Le logiciel ne constitue certes pas une référence exclusive sur ce sujet scientifique, mais il est surprenant que, parmi les stratégies d'utilisation mises en application par les utilisateurs, celle d'une utilisation de documents à disposition pour étayer les propos des Forum n'apparaisse pas concrètement.

Le nombre de connexions au Forum durant l'expérience présente la même évolution globale que celles du nombre total des sessions et du temps total de connexion (cf. Figures 3, 4 et 11). Par contre le nombre d'interventions faites par les utilisateurs dans le Forum (messages envoyés au Forum), tout en étant plus régulier, reste beaucoup plus faible que le nombre des connexions au Forum.

Serait-ce à dire que les utilisateurs voient le Forum plutôt comme un autre document que comme un espace de discussion? Cette hypothèse provient de la constatation que, même si l'utilisateur ne laisse pas de messages lorsqu'il se connecte au Forum, il y passe un temps assez long (184 secondes en moyenne) et il utilise donc le Forum en lisant les messages laissés par d'autres utilisateurs. Il faut bien sûr relativiser ce point de vue en considérant que la

prise de parole dans un espace public est toujours faite prudemment surtout sur des sujets touchant de près à des convictions personnelles. De plus, le nombre total d'utilisateurs n'est certainement pas suffisant pour créer une dynamique entraînant les utilisateurs à intervenir d'autant plus dans la discussion.



Le Tour Guidé vient en cinquième position ce qui provient sans doute du fait que peu d'utilisateurs ont compris que le bonhomme dessiné en haut à gauche de l'écran d'accueil permet d'y avoir accès bien que l'aide indique ce mode d'accès. Sans cette incompréhension, l'utilisation du tour guidé aurait sans doute été beaucoup plus importante comme l'indique le temps moyen non pondéré par accès qui est le plus long: 417 secondes¹¹. Les utilisateurs font d'ailleurs part de ces remarques lors de l'entretien final, après les sessions interactives. Ils demandent en particulier pourquoi il n'existe pas de liens entre les documents (Doc1 et Doc2) et les différents chapitres du tour guidé qui traitent du même sujet sur le génome humain.

- La proportion relativement forte de l'utilisation des quatre Forum de discussion proposés indique qu'ils sont implémentés correctement et

¹¹ Cette longue durée provient aussi de l'utilisation d'animations dans le tour guidé. L'utilisateur peut moins agir sur leur déroulement qu'il ne peut lire les textes des autres couches documentaires à sa guise.

correspondent à une réelle attente de la part des utilisateurs, dans ce genre d'application interactive éducative utilisant des ressources réseau.

- Les Forums sont utilisés indépendamment des couches documentaires du prototype. Lorsqu'un utilisateur se connecte aux Forums, il n'utilise pas d'arguments donnés dans ces couches.

3.3 Des sessions individuelles représentatives

La dispersion très grande des résultats, notée au début de l'analyse, amène à se demander si il existe des sessions individuelles représentatives de la navigation et reflétant les activités effectuées durant l'ensemble des différentes sessions par les divers utilisateurs? Déterminer une telle session permettrait de vérifier si les résultats obtenus en considérant l'ensemble des sessions se retrouvent au travers d'une seule.

Le choix d'une telle session est fait en considérant les cinq premières sessions des cinq plus grands utilisateurs. Les critères employés pour définir cette session sont ceux employés pour analyser l'activité des utilisateurs avec le prototype:

- la durée totale des sessions,
- le temps passé dans une couche du logiciel,
- le nombre d'accès à cette couche,
- le temps moyen passé par accès dans cette couche.

Trois couches sont prises en compte. Ce sont celles qui ont été déterminées, avec l'analyse basée sur la Figure 8, comme étant les couches les plus approfondies des différentes catégories de couches:

1. Doc1 (principale couche off-line)
2. Forum (principale couche on-line)
3. CM (principal outil)

Ce calcul repose aussi sur l'idée que les cinq sessions 1 - 2, 3, 4 et 5 - des cinq utilisateurs sont comparables du fait qu'ils ont globalement le même niveau de familiarité avec le logiciel lorsqu'ils ont effectué le même nombre de sessions.

Utilisateur	Total (max 50)	Durée des sessions (max 5)	Total pour Doc1 (max 15)	Total pour Forum (max 15)	Total pour CM (max 15)
90	21	1	7	6	7
180	17	1	1	8	7
190	10	1	2	0	7
260	4	1	0	2	1
290	14	1	7	0	6

Dix valeurs sont donc prises en compte pour chaque utilisateur et chaque session (durée totale, 3 couches x 3 valeurs). Les moyennes et l'écart-type des dix valeurs sont calculés pour chacun de ces utilisateurs, chacune de ces

- forte activité avec couches Doc1, Forum et CM (évidemment: ce sont les critères avec lesquels elles ont été sélectionnées);
- forte activité dans la couche Glossaire (nouveau résultat amené par la détermination des sessions représentatives).

4. COMPREHENSION DE L'ECRAN D'ACCUEIL ET DE LA NAVIGATION

4.1 Utilisation de l'écran d'accueil d'après les sessions interactives

L'écran d'accueil constitue l'outil de navigation du logiciel. Son étude constitue donc une partie particulièrement importante de l'analyse des résultats de cette expérience exploratoire, au regard de notre problématique. Les observations faites précédemment ont principalement pour rôle d'éclairer l'étude de l'utilisation de l'écran d'accueil au niveau des activités effectuées par les utilisateurs se servant du logiciel.

L'utilisation de l'écran d'accueil vient en quatrième position (cf. Figure 8: 21 fois moins que la couche Doc1) malgré le très grand nombre d'accès à cette couche (324, le plus élevé). Ce nombre d'accès élevé vient en partie de ce que l'écran d'accueil constitue un passage obligé au sortir de presque toutes les autres couches du logiciel. Mais les utilisateurs n'accèdent pas à cet outil que par obligation. En effet ils y accèdent 3 fois en moyenne par session¹³. Ce chiffre indique que les utilisateurs ne sont pas constamment interrompus dans leur navigation en étant ramenés automatiquement à l'écran d'accueil.

Son utilité peut aussi se vérifier avec le temps moyen non pondéré que les utilisateurs lui consacrent: 23 secondes environ par accès. La valeur assez grande de ce temps montre que les utilisateurs effectuent un réel choix de navigation à partir de l'écran d'accueil. Comme mentionné précédemment, cette valeur reste toutefois relativement faible et indique ainsi que l'outil de navigation est assez simple pour ne pas obliger à une longue consultation lorsque l'utilisateur y accède.

L'évolution de cette valeur au cours des sessions peut aussi apporter une information intéressante sur la façon dont l'écran d'accueil est utilisé. Les cinq plus grands utilisateurs sont pris en compte ici et on établit deux courbes d'évolution (cf. Figure 13). Une première courbe montre la moyenne du temps d'accès pour chaque session successive. A partir de cette première donnée, on procède aussi à un calcul d'écart-type pour retirer les valeurs situées à plus

¹³ Pour calculer cette moyenne, on a soustrait 78 à 324, avant de diviser par le nombre de sessions, pour enlever l'accès réellement obligatoire à l'écran d'accueil en fin de session. Le premier accès du début de session, lui aussi obligatoire, n'est pas soustrait car il permet le premier choix de navigation de la session.

d'un demi écart-type de la moyenne. On obtient ainsi une seconde courbe d'évolution en calculant une nouvelle moyenne sur les valeurs restantes.

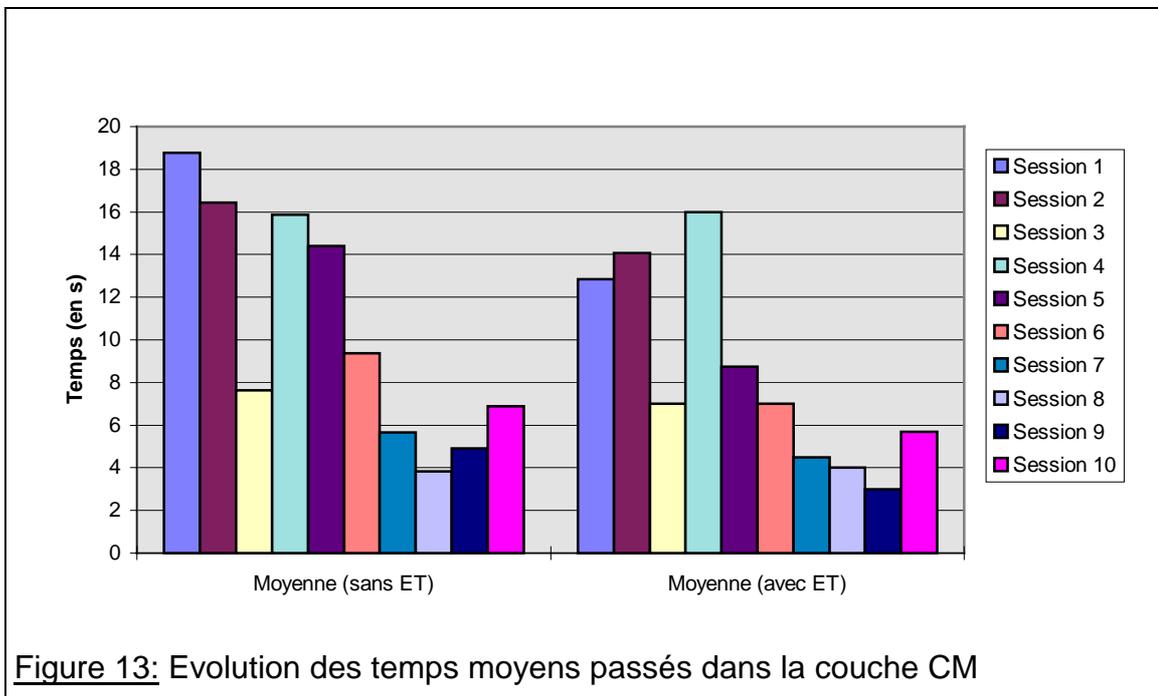


Figure 13: Evolution des temps moyens passés dans la couche CM

De ces deux courbes, il ressort que les utilisateurs passent de moins en moins de temps dans l'écran d'accueil au fur et à mesure de leurs sessions. Leur niveau de familiarité avec le logiciel augmentant, ce résultat n'est pas surprenant. Plus ils l'utilisent, mieux ils connaissent l'ensemble des documents et des outils du logiciel et plus ils savent, à l'avance, ce qui les intéresse et vers quels documents se diriger.

Une différence apparaît cependant en comparant les deux courbes: la seconde courbe montre d'abord une augmentation du temps moyen passé par accès dans cette couche du prototype. Le résultat précédent peut donc être précisé. Dans un premier temps l'utilisateur a besoin de l'outil de navigation du logiciel. Ce n'est que dans un second temps que son niveau de familiarité avec le logiciel permet à l'utilisateur de moins utiliser l'outil de navigation.

Ces deux observations semblent montrer une bonne implémentation de cette couche du logiciel et une bonne compréhension de son utilisation. Les moyennes des temps moyens d'accès à cette couche sont toujours inférieures, pour les cinq utilisateurs, à celle calculée pour l'ensemble de tous les utilisateurs. On pourrait en venir à penser que ces cinq utilisateurs ont un niveau de familiarité plus grand avec les logiciels que l'ensemble des utilisateurs. Néanmoins, comme deux des cinq grands utilisateurs reflètent le mieux l'utilisation du logiciel (cf. Figure 12), il ne semble pas que cet argument doive être réellement pris en compte.

- L'écran d'accueil est tout à la fois la couche du prototype à laquelle les utilisateurs accèdent le plus grand nombre de fois, ce qui traduit bien son utilité, et une couche dans laquelle les utilisateurs ne restent pas longtemps, ce qui traduit bien qu'il n'est pas difficile de l'utiliser.
- Bien que l'écran d'accueil constitue un passage obligé au sortir de presque toutes les autres couches du logiciel, les utilisateurs ne l'utilisent pas que par obligation.
- Au cours des premières sessions de navigation, l'écran d'accueil est plus utilisé. Ensuite son utilisation diminue. Elle évolue donc parallèlement avec le niveau de familiarité que les utilisateurs ont du prototype.

4.2 Les utilisateurs parlent de l'écran d'accueil et de leur navigation

Le premier point qui ressort de l'entrevue (cf. Figure 14), postérieure aux sessions interactives, est la satisfaction générale des utilisateurs avec l'écran d'accueil. Nombreux sont ceux parmi eux (6 sur 14) qui emploient explicitement des expressions très positives pour le qualifier d'une façon très générale: "claire", "parlant", "facile", "intuitif", "bien aimé". A un niveau aussi général, une seule personne fait explicitement une remarque négative en disant: que l'écran d'accueil est "difficile pour un novice".

Les noms donnés à cette couche du logiciel sont très variés. L'idée d'un sommaire et/ou d'un point de départ est exprimée par la moitié des utilisateurs environ et la plupart d'entre eux le font avec un vocabulaire venant du champ sémantique du livre ("page de base", "page de présentation", "page d'accueil", "sommaire", "menu principal") tandis que peu d'entre eux se réfèrent à la métaphore de la navigation ("plan", "carte"). Trois des utilisateurs ne lui trouvent pas véritablement de nom et le qualifient en rappelant sa forme graphique ("bulles", "figures ovales").

La signification de ces qualificatifs se précise lorsque les utilisateurs parlent de la fonction de l'écran d'accueil. La grande majorité des utilisateurs (10/14) l'identifient correctement en exprimant, avec un vocabulaire très homogène, les deux aspects fondamentaux d'un tel outil: l'aide à la navigation et la vue d'ensemble des contenus. Les expressions citées explicitement "aide à naviguer" ou "permet de naviguer" relient bien les deux notions d'aide et de navigation.

La fonction d'aide à la navigation est reliée précisément à l'activité des utilisateurs avec le logiciel par certains d'entre eux ("la carte suggère un cheminement", 2/14) et d'autres attribuent à l'outil son rôle prospectif ("on sait ce qu'on va trouver", "première approche", 3/14) qui est si important et qui rejoint celui de la vue d'ensemble qu'il donne.

Pour cet aspect, les expressions employées sont beaucoup plus diversifiées ("permet d'avoir une vue d'ensemble, un résumé de l'application"; "aider à me

faire une idée des contenus"; "identifié les parties du logiciel") et traduisent le besoin qu'ont les utilisateurs de voir en une seule fois l'ensemble et de repérer les différents sujets abordés.

U.	Nom donné	Mode d'utilisation	Aspects positifs	Aspects négatifs
20	<ul style="list-style-type: none"> ensemble des figures ovales 	<ul style="list-style-type: none"> je me suis promené un peu au hasard on ne sait pas trop par quel sujet commencer 	<ul style="list-style-type: none"> les relations sont intéressantes pour passer d'un concept à un autre permet de naviguer 	<ul style="list-style-type: none"> j'aurais aimé avoir l'ordre dans lequel balayer les sujets ne permet pas de se faire une idée des contenus
30	<ul style="list-style-type: none"> les petites bulles comme un glossaire 	<ul style="list-style-type: none"> beaucoup utilisée cliqué sur les bulles suivi les flèches pour aller aux autres bulles 	<ul style="list-style-type: none"> elle m'a guidé les flèches m'ont donné la suite logique à suivre facile d'emploi 	<ul style="list-style-type: none"> il faudrait mettre les bulles en rose et les flèches en bleu
70		<ul style="list-style-type: none"> choix des bulles au hasard mieux si on commence par en haut puis selon le sens de lecture 		<ul style="list-style-type: none"> on est obligé ne suit pas une logique évidente on ne sait pas par où démarrer
90			<ul style="list-style-type: none"> aucun problème c'est intuitif on sait ce qu'on va trouver 	<ul style="list-style-type: none"> pas vu qu'on peut cliquer sur les liens
100	<ul style="list-style-type: none"> le menu principal 	<ul style="list-style-type: none"> les flèches expliquent les liens, leur hiérarchie 	<ul style="list-style-type: none"> bien aimé faite pour aider à naviguer 	<ul style="list-style-type: none"> c'est le passage obligé il faudrait un index avec des définitions
110	<ul style="list-style-type: none"> page de base page d'accueil sommaire 		<ul style="list-style-type: none"> aide à naviguer 	<ul style="list-style-type: none"> vu à la fin qu'on peut cliquer sur les liens besoin de plus d'explications
120	<ul style="list-style-type: none"> carte 	<ul style="list-style-type: none"> les liens permettent d'expliquer le passage d'un bloc à l'autre d'abord lu la carte 	<ul style="list-style-type: none"> montre le cheminement d'un bloc à l'autre 	<ul style="list-style-type: none"> on est obligé
180	<ul style="list-style-type: none"> carte 	<ul style="list-style-type: none"> beaucoup utilisé d'abord cliqué sur la première bulle je voulais faire le cheminement conseillé 	<ul style="list-style-type: none"> les titres sont très clairs et parlants la carte suggère un cheminement 	<ul style="list-style-type: none"> pas cliqué sur les liens
190	<ul style="list-style-type: none"> sommaire 	<ul style="list-style-type: none"> beaucoup utilisée j'ai essayé de suivre les flèches 	<ul style="list-style-type: none"> bien faite pour une première approche on a une idée de ce que l'on va aborder agréable et claire si les bulles n'étaient pas reliées, ça ne serait pas parlant 	<ul style="list-style-type: none"> on est obligé on ne comprend pas tout de suite que les liens sont actifs
260	<ul style="list-style-type: none"> accompagne ment de navigation 	<ul style="list-style-type: none"> peu utilisée consultée du haut en bas en suivant les flèches 	<ul style="list-style-type: none"> j'ai très vite identifié les parties du logiciel et je n'ai donc pas eu beaucoup besoin de la carte bien et claire 	<ul style="list-style-type: none"> il faudrait un sommaire (pour utilisateur connaissant déjà bien les contenus) pas vu que les liens sont actifs: les bulles sont trop attirantes
270	<ul style="list-style-type: none"> où il y a des bulles 	<ul style="list-style-type: none"> beaucoup utilisée souvent revenu à cet écran 	<ul style="list-style-type: none"> clair (nombre de choix suffisamment petit) on sait tout de suite sur quoi on va arriver 	
290	<ul style="list-style-type: none"> plan page d'accueil 	<ul style="list-style-type: none"> bien perçu les concepts et les relations 	<ul style="list-style-type: none"> m'a aidé à naviguer et à me faire une idée des contenus 	
300		<ul style="list-style-type: none"> est parti du haut et a suivi les flèches: c'était logique les liens permettent la transition entre deux concepts 	<ul style="list-style-type: none"> permet d'avoir une vue d'ensemble, un résumé de l'application 	
301	<ul style="list-style-type: none"> page de présentation 	<ul style="list-style-type: none"> utilisée de haut en bas et de gauche à droite 		<ul style="list-style-type: none"> présentation difficile pour un novice pas vu les liens actifs

Figure 14: Les propos des utilisateurs au sujet de l'écran d'accueil

La majeure partie des utilisateurs interrogés ne parviennent pas à évaluer s'ils ont beaucoup ou peu utilisé l'écran d'accueil. Seuls cinq utilisateurs sont affirmatifs: quatre disent l'avoir beaucoup utilisé et un utilisateur précise que l'outil, qu'il qualifie "d'accompagnement de navigation", lui a permis d'identifier très vite les parties du document et qu'il n'en a rapidement plus eu besoin. Par contre quatre utilisateurs paraissent avoir été ennuyés par le fait de devoir toujours revenir à l'écran d'accueil ("on est obligé").

Les utilisateurs ont employé l'écran d'accueil en y cherchant un début au logiciel: cinq d'entre eux le mentionnent explicitement ("d'abord cliqué sur la première bulle"; etc.). Cette façon d'aborder le cheminement dans un produit hypermédia peut paraître étrange. Il semble que les utilisateurs ne sont pas à l'aise avec la liberté de choix qui leur est donnée¹⁴.

Les deux phrases de l'utilisateur 20 ("je me suis promené au hasard" et "j'aurais aimé avoir l'ordre dans lequel balayer les sujets") sont exemplaires de cette attitude et montrent une préférence à être guidé. Au contraire certains utilisateurs paraissent mécontents d'être trop guidés en étant toujours ramenés à la carte conceptuelle ("on est obligé", 4/14).

- Les utilisateurs sont globalement satisfaits de l'écran d'accueil. Ils emploient des expressions très positives pour en parler.
- Bien que ne sachant pas vraiment comment le nommer, la grande majorité des utilisateurs identifient correctement les fonctions de l'écran d'accueil: l'aide à la navigation et la vue d'ensemble des contenus.
- Les utilisateurs recherchent dans l'écran d'accueil un début au logiciel et ne semblent pas être à l'aise avec la liberté du choix de cheminement offerte par un produit hypermédia.

4.3 Modèle mental et construction d'une logique de navigation

Les utilisateurs emploient un modèle mental se référant à la lecture d'un livre. Outre le fait qu'ils cherchent un début au prototype, ils lisent l'écran d'accueil "de haut en bas et de gauche à droite" (utilisateur 301) ou, plus simplement, ils l'ont "consulté de haut en bas" (utilisateur 260). De toute évidence ils ont besoin d'un ordre de lecture, le construisent et l'appliquent: "mieux si on commence par en haut puis selon le sens de lecture" (utilisateur 70), "je voulais faire le cheminement conseillé" (utilisateur 180).

C'est alors avec les éléments graphiques de l'écran d'accueil qu'ils construisent ce sens de cheminement. Nombreux sont les utilisateurs qui disent suivre les flèches (7/14) qu'ils nomment aussi "relations" ou "liens". Et ils ajoutent que ces flèches répondent à ce besoin d'un sens de lecture, d'une logique de

¹⁴ Nous ne voulons absolument pas dire ici que le lecteur d'un livre n'a pas cette liberté.

navigation: "les flèches m'ont donné la suite logique à suivre" (utilisateur 30). Ils développent donc ainsi un premier stade de modèle mental en se basant sur leurs modèles mentaux construits antérieurement: "est parti du haut et a suivi les flèches: c'était logique").

Les utilisateurs parviennent donc au but qu'ils se sont fixé, c'est-à-dire retrouver un discours, sur lequel ils peuvent se baser pour décider d'une navigation, à partir des éléments de contenu donnés dans l'écran d'accueil: "les flèches expliquent les liens, leur hiérarchie" (utilisateur 100), "les liens permettent d'expliquer le passage d'un bloc à l'autre" (utilisateur 120), "les liens permettent la transition entre deux concepts" (utilisateur 300).

Ainsi les utilisateurs cherchent dans l'écran d'accueil les éléments rhétoriques d'une table des matières: la vue d'ensemble des contenus, l'identification des parties principales et les enchaînements discursifs entre ces parties. Toutefois aucun ne le nomme ainsi.

5. VERS LES CHOIX METHODOLOGIQUES

5.1 Un défaut ergonomique de la carte conceptuelle

Tandis que les utilisateurs de cette expérience affirment que l'outil de navigation est "simple", "intuitif", "clair", ils sont quelque peu déroutés par l'aspect graphique nouveau de l'écran d'accueil. Les utilisateurs 70 et 110 stipulent que l'écran d'accueil "ne suit pas une logique évidente" et qu'il y a "besoin de plus d'explications"¹⁵.

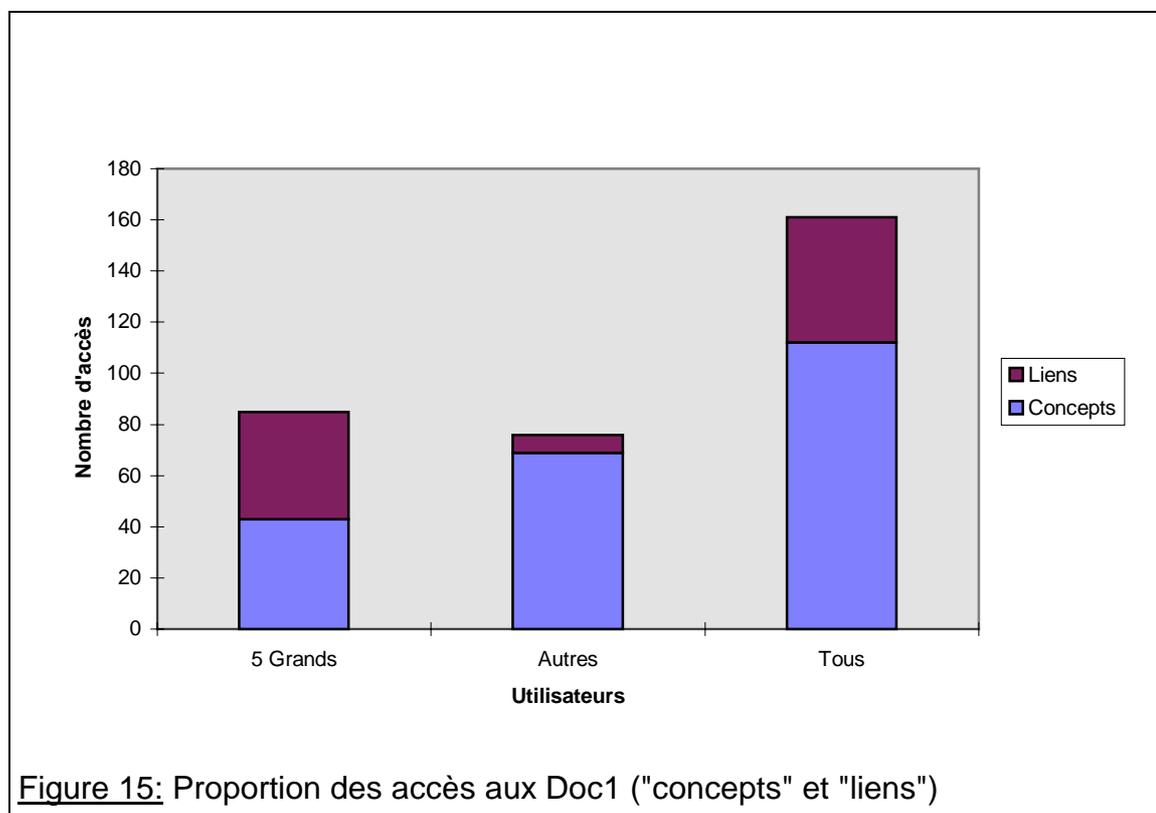
Et le modèle mental qu'ils doivent construire et appliquent pour utiliser cet outil graphique (suivre les flèches) a une conséquence négative: l'oubli de l'aspect interactif des flèches. Beaucoup des utilisateurs (9 sur les 14 ayant participé à la discussion finale) ne s'aperçoivent pas de cette caractéristique du logiciel et n'accèdent donc pas aux documents correspondants¹⁶. Un seul d'entre eux dit explicitement qu'il a bien vu la différence entre les liens et les concepts.

Les sessions interactives confirment ces propos des utilisateurs (cf. Figure 15), du moins pour l'ensemble des utilisateurs. Chez les cinq grands utilisateurs, cette grande disproportion entre les accès aux documents placés "sous" des concepts et des liens n'est pas vraie. Toujours est-il que l'expérience

¹⁵ Cela est sans doute d'autant plus vrai qu'ils se réfèrent à la lecture d'un livre.

¹⁶ Malgré le biais introduit ainsi dans la navigation que les utilisateurs ont effectué dans le logiciel, les résultats explicités antérieurement restent valables car il n'y a pas plus de Doc2 après les Doc1 correspondant aux liens que après les Doc1 correspondant aux concepts. De plus les autres couches du logiciel ne sont pas affectées par ce défaut ergonomique.

exploratoire de Saint-Quentin apporte une information importante à transmettre aux volontaires de l'expérience de navigation visant à comparer l'utilisation de deux versions de table des matières: les liens sont aussi actifs et permettent d'accéder à des documents.



Un défaut ergonomique de la représentation donnée à l'outil de navigation placé dans l'écran d'accueil est donc clairement identifié. Il est particulièrement intéressant de noter que cette caractéristique négative provient de la non adéquation entre le graphisme utilisé et les conceptions préalables des utilisateurs. La signification habituellement attribuée à la flèche est en effet d'indiquer une direction à suivre et pas un endroit où s'arrêter afin de voir quelque chose d'intéressant.

L'oubli, durant la conception du logiciel, de cette caractéristique sémiotique du signe qu'est la flèche et de la prégnance¹⁷ du modèle mental qui serait associé à l'outil de navigation a conduit à ce défaut. Nous nous trouvons ici en plein au coeur de notre problématique: la liaison entre les aspects procéduraux et de représentation d'un outil, entre les modèles mentaux mis en place pour utiliser

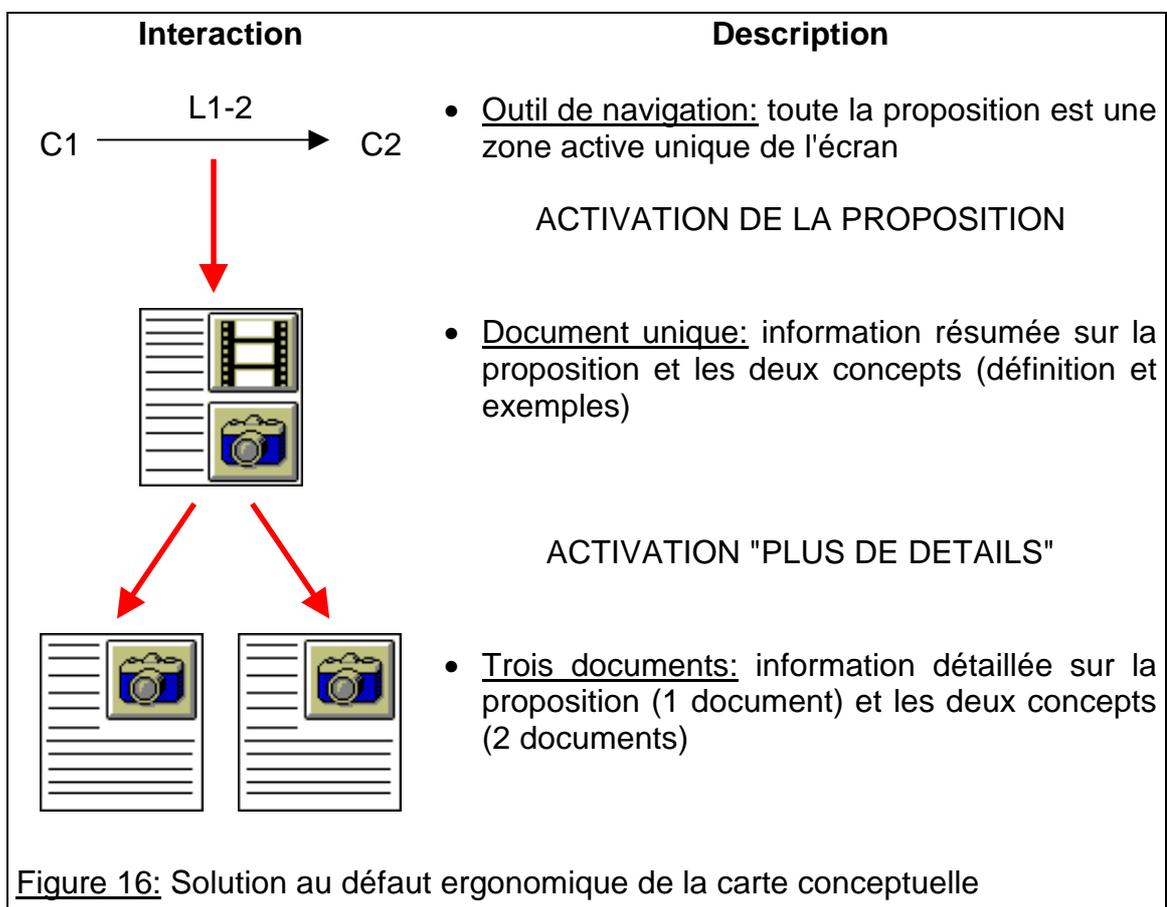
¹⁷ Ce terme est pris ici au sens qui lui est donné dans la théorie psychologique de la forme, c'est-à-dire la force et la stabilité d'une structure perceptive qui s'impose spontanément avant les autres structures possibles.

un outil et ses implémentations possibles et/ou souhaitables.

Pour pallier ce défaut ergonomique de la carte conceptuelle du prototype *Génome Humain*, différentes solutions sont alors possibles sur la base de l'implémentation actuelle. Celle-ci provoque deux réponses différentes visibles à l'écran:

1. un changement de couleur de l'ensemble constituant une proposition (un concept de départ, un lien sémantique et un concept d'arrivée) lors du passage de la souris sur la flèche correspondant;
2. un changement de couleur d'un concept lors du passage de la souris sur la zone de l'écran correspondant.

Cette distinction graphique a échappé aux utilisateurs qui attribuent un poids plus grand à la signification sémiologique de la flèche qu'à cette différence. Il s'agit donc de tenir en compte la force de la signification de la flèche.



On pourrait enlever les flèches, et donc faire disparaître le problème de leur force de signification en tant que signe, en dessinant les liens entre les concepts sous la forme de traits non fléchés. Mais les utilisateurs précisent bien que la façon dont ils construisent leur logique de navigation est précisément basée sur le sens des flèches. De plus celles-ci indiquent le sens de lecture des propositions insérées dans la carte conceptuelle. Cette solution

ne semble donc pas adéquate.

On pourrait aussi enlever les informations se situant en dessous des flèches. Dans une telle version, celles-ci ne serviraient alors qu'à indiquer un sens de lecture à partir de la carte conceptuelle dont les zones actives ne seraient plus alors que de concepts. Cela remet en cause l'ensemble du modèle adopté pour la carte conceptuelle, basée sur l'insertion de propositions signifiantes, constituée de concepts qui ne le sont pas s'ils sont isolés (cf. Chapitre 1).

On pourrait au contraire ne considérer que les propositions comme zones actives de l'écran. Le document auquel les utilisateurs accéderait alors (cf. schématisation de la Figure 16) donnerait des informations résumées sur la proposition et sur les concepts (définitions et exemples). Les éléments informatifs de ce document et trois zones actives (une pour la proposition et deux pour les deux concepts) permettraient alors de diriger l'utilisateur sans ambiguïté vers des documents plus détaillés (de type Doc1 et Doc2) concernant la proposition ou les deux concepts.

- Le modèle mental construit par les utilisateurs pour naviguer dans le prototype avec la carte conceptuelle révèle un défaut ergonomique de celle-ci: les utilisateurs suivent la flèche et ne pensent pas que les liens sont actifs et donnent accès à des documents.
- Il y a concurrence entre les aspects procédural et de représentation de la carte conceptuelle employée comme table des matières.
- Une solution serait de créer une seule zone active, au lieu de trois, regroupant les deux concepts et le lien, c'est-à-dire l'ensemble de la proposition signifiante.

5.2 D'autres critères de mesure sont nécessaires

L'organisation générale de l'expérimentation semble adéquate: entretien initial, session interactive, entretien final. En particulier, l'expérience exploratoire révèle une grande complémentarité entre les analyses rendues possibles par les données récoltées avec les sessions interactives et l'entretien final. Cette organisation doit donc être conservée et dirige les choix méthodologiques vers une évaluation à la fois quantitative et qualitative.

Les questions de l'entretien final doivent être légèrement remaniées. Elles doivent permettre de laisser une place plus importante aux idées exprimées spontanément par les utilisateurs sans les diriger, dès le départ, vers les outils de navigation.

L'analyse faite des sessions interactives permet de décrire la navigation effectuée dans le prototype. Prendre en compte simultanément les temps d'accès et le nombre d'accès aux couches constitue la base d'une analyse correcte des activités effectuées.

Mais plusieurs questions restent cependant ouvertes avec l'analyse effectuée durant cette expérience exploratoire. Elle ne permet pas de connaître les types de contenus explorés, c'est-à-dire les "chapitres" et les thèmes préférés des utilisateurs. Elle n'indique pas non plus la suite, dans le temps, des actions de l'utilisateur naviguant dans le prototype.

Or ces deux types de critères de mesure sont essentiels pour comparer les deux versions d'une table des matières. La navigation libre seule ne permet pas une telle comparaison et il faut définir une tâche ayant pour but de rechercher certains contenus informatifs. Ainsi l'analyse de la navigation permet une étude de l'utilisation de la table des matières.

Une analyse liant le déroulement séquentiel des sessions et les contenus des documents est donc nécessaire. La(es) mesure(s) correspondante(s) peuvent reposer sur le calcul de ratios (proportion des nombres de documents accédés selon leur type de contenu informatif). Ceux-ci permettraient d'évaluer la pertinence de la navigation en fonction d'une tâche qui dépend des contenus.

L'entretien initial doit donc jouer un rôle plus grand dans l'expérimentation. Si il doit continuer à offrir une occasion de rassurer les volontaires et de leur expliquer les buts de l'expérience, il doit aussi servir à vérifier que les volontaires constituent une population homogène par rapport à la tâche, leurs connaissances en biologie et en informatique.

- L'expérience de navigation visant à comparer deux versions d'une table des matières doit reposer sur une analyse quantitative et qualitative structurée en trois parties: entretien initial, session interactive, entretien final.
- La définition d'une tâche ayant pour but de rechercher certains contenus est nécessaire pour une telle comparaison. Les mesures à effectuer doivent alors prendre en compte les types de contenus explorés, à partir de la table des matières, et le déroulement séquentiel de la session de navigation.

CHAPITRE 3

LA CARTE CONCEPTUELLE POUR CONCEVOIR UN CD-ROM DE VULGARISATION

La carte conceptuelle est proposée aux auteurs du projet Pollen comme un outil aidant la définition des contenus d'un hypermédia de culture scientifique et devant finalement lui servir de table des matières. Deux équipes d'auteurs sont observées durant la construction d'une telle carte qui s'avère très vite faciliter la discussion nécessaire. L'augmentation de la lisibilité de la carte et la mise en évidence d'un message général caractérisent le travail effectué. Les auteurs procèdent à des regroupements de concepts pour augmenter cette lisibilité, mieux mettre en évidence la(les) idée(s) principale(s) et parvenir à construire une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle.

Les étapes du processus suivi par ces deux équipes dépendent des facultés individuelles de s'approprier un outil et des contraintes propres à chaque prototype, par exemple celles d'un environnement de télévision interactive. La notion de concept peut poser problème. Un exemple de concept ne doit pas être rejeté a priori d'une carte car, selon le contexte, un tel terme peut être un concept. C'est la richesse de signification des propositions construites avec les "concepts" figurant dans la carte qui doit être prioritaire. Elle dépend notamment des conceptions du public auquel on s'adresse.

C'est la mise en évidence d'un message général qui constitue le plus grand problème. Une carte qui met peu en évidence un tel message traduit l'aboutissement du cheminement personnel de l'auteur (fonction de représentation de la carte) et peut difficilement constituer le départ de plusieurs cheminements (fonction procédurale de la table des matières). Mais cette tâche déstabilise l'auteur car elle le contraint à limiter fortement les contenus. De plus, délivrer, dès le départ, un tel message est une règle de communication propre à la conception des hypertextes qui se heurte à l'habitude de le garder pour la fin afin de maintenir l'attention du public.

1. INITIATION A L'ECRITURE DE LA CARTE CONCEPTUELLE

1.1 Buts de l'expérience

Cette seconde expérience exploratoire s'attache à voir comment la carte conceptuelle est utilisée et comprise, en tant que table des matières en devenir, au cours de la phase de conception d'un CD-ROM de culture scientifique. Ce résultat, dont nous sommes co-auteur, est directement issu du travail mené au cours du projet Pollen (Pouts-Lajus S., 1997). Il est quelque peu remanié ici et traduit.

La carte conceptuelle peut jouer en effet un double rôle: celui d'outil de navigation pour les utilisateurs d'un hypertexte culturel en sciences (cf. Chapitres 2 et 10) et celui d'outil de négociation pour les auteurs travaillant à la conception d'un tel produit. Relier ainsi ces deux rôles par l'utilisation d'un seul outil devrait permettre d'atténuer la césure existant, d'une part, entre la conception d'un hypermédia et son utilisation, et, d'autre part, entre la phase de définition des contenus d'un hypermédia et le début de la phase de définition de ses outils de navigation.

L'origine de ce profit provient essentiellement de ce que l'auteur, en établissant une carte conceptuelle, définit simultanément la structure conceptuelle globale de l'hypermédia et l'outil de navigation qui va servir à y cheminer. Mais il faut que l'appropriation de l'outil carte conceptuelle par les auteurs ne constitue pas un obstacle en soi.

Dans le cadre du projet Pollen, des données concernant l'élaboration d'une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle ont été récoltées auprès des auteurs des deux prototypes développés durant ce projet¹. Ainsi, on peut procéder à une analyse sur la carte conceptuelle, proposée comme un nouvel outil de navigation, du point de vue de la conception des produits hypermédiés de culture scientifique.

L'analyse faite ici décrit les étapes par lesquelles sont passés les trois types d'acteurs impliqués dans la production des deux prototypes logiciels du projet Pollen:

1. les auteurs: ils ont une expertise des thèmes (biologie et astronomie) et une compétence additionnelle d'auteurs de matériels éducatifs;
2. les éditeurs: ils constituent, dans le projet Pollen, l'interface entre les auteurs et les développeurs;

¹ L'un de ces deux prototypes est bien sûr le CD-ROM *Génome Humain*. L'autre aborde une vulgarisation sur le thème du Soleil.

3. les développeurs: ils programment les deux prototypes et veillent à ce que les principes établis par l'équipe de recherche² soient implémentés.

1.2 Organisation de la session d'initiation

Les trois types d'acteurs sont d'abord formés lors d'une session de travail de trois jours qui a pour but principal des les entraîner et de les encourager à utiliser la carte conceptuelle pour une analyse des contenus de prototypes hypermédias éducatifs en science. Elle se déroule à Lyon en juillet 1996 et est organisée en deux activités:

1. dans une première activité d'un jour, des éléments théoriques et pratiques de la méthodologie de conception d'applications multimédias basée sur l'utilisation de la carte conceptuelle sont transmis aux différents acteurs au travers de séminaires informels sur les sujets suivants:
 - didactique des sciences,
 - règles d'écriture de la carte conceptuelle,
 - hypermédia et ergonomie;
2. dans une seconde activité de deux jours, des groupes de travail, encadrés par les membres de l'équipe de recherche, sont formés pour que les acteurs construisent leur première carte conceptuelle sur le sujet des deux prototypes.

L'idée motrice de cette seconde activité est de donner une pratique concrète aux trois types d'acteurs, et principalement aux auteurs, afin qu'ils perçoivent les contraintes spécifiques de l'écriture d'une carte conceptuelle tout en étant accompagnés durant leurs premiers pas avec cet outil didactique. L'emploi du temps de cette activité de travail est découpé en trois sessions:

1. session 1 (environ trois heures): les membres des équipes de production sont séparés en deux groupes, correspondant aux deux prototypes du projet. Il leur est proposé de produire une première version des deux cartes conceptuelles, une pour le *Soleil* et une pour le *Génome Humain*. Durant cette phase, les membres des équipes de production écrivent eux-mêmes cette version tout en étant conseillés par les membres de l'équipe de recherche. Le but global est ici, d'une part, d'établir une meilleure compréhension de ce que sont les concepts et les liens dans une carte conceptuelle et, d'autre part, de commencer à définir un message général sur le sujet (une notion, ou un point de vue, qui apparaît comme particulièrement important et doit être délivré aux futurs utilisateurs des logiciels³);
2. session 2 (environ trois heures): les deux groupes se rejoignent pour

² Il s'agit des personnes qui ont défini la méthodologie de conception utilisée dans le projet Pollen et basée sur l'emploi des cartes conceptuelles.

³ Les auteurs ont apporté à la session de formation un document d'une page définissant les contenus scientifiques généraux de chacun des deux prototypes. Ces deux documents sont utilisés pour supporter cette activité.

échanger sur la première ébauche des deux cartes conceptuelles obtenues durant la session 1. Ils peuvent ainsi comparer les deux ébauches 1 et discuter de la façon de la transformer pour l'améliorer. Les membres de l'équipe de recherche interviennent aussi durant cette phase d'analyse.

3. session 3 (environ six heures): les deux groupes travaillent à nouveau séparément dans le but de transformer l'ébauche 1 de la carte et de parvenir à l'ébauche 2, sur la base des discussions de la session 2.

1.3 Cartes écrites durant la session de formation

1.3.1 Cartes écrites par l'équipe du *Génome Humain*

Chaque personne de ce groupe commence par écrire une toute première carte conceptuelle, durant un quart d'heure, avec le but de définir un message général sur la notion de génome humain.

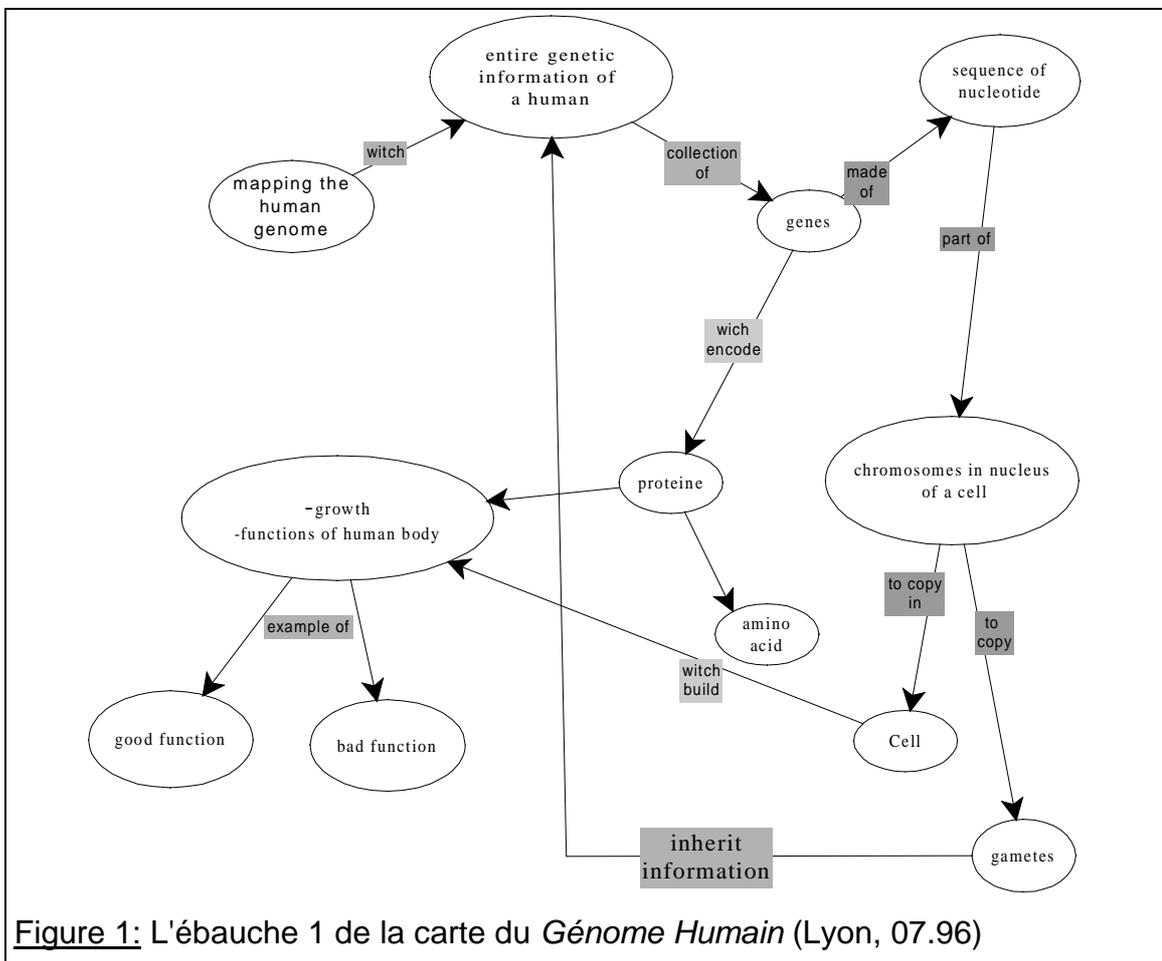


Figure 1: L'ébauche 1 de la carte du *Génome Humain* (Lyon, 07.96)

Le groupe travaille après ensemble durant le reste du temps de la session 1 en décidant de tenir compte des trois items suivants pour établir l'ébauche 1 de la carte (cf. Figure 1):

1. Le message général que la carte conceptuelle doit représenter est: "Qu'est-ce que le Projet Génome Humain?"

2. Quels sont les concepts nécessaires à insérer dans la carte conceptuelle pour répondre à cette question?
3. Comment relier ces concepts afin de répondre à cette question?

Les commentaires effectués durant la session 2 de l'activité sur le travail de ce groupe peuvent être résumés par les points suivants:

1. organisation générale de la carte: c'est un réseau de propositions qui suivent globalement les règles de Novak;
2. message général: aucun message général ne peut véritablement être lu;
3. choix des concepts: les concepts sont assez hétérogènes car ils sont de vrais concepts mais aussi des exemples de concepts et car leur niveau de complexité est très différent;
4. choix des liens: un lien "traversant" doit disparaître; les liens sont assez tautologiques et ne construisent pas de propositions signifiantes.

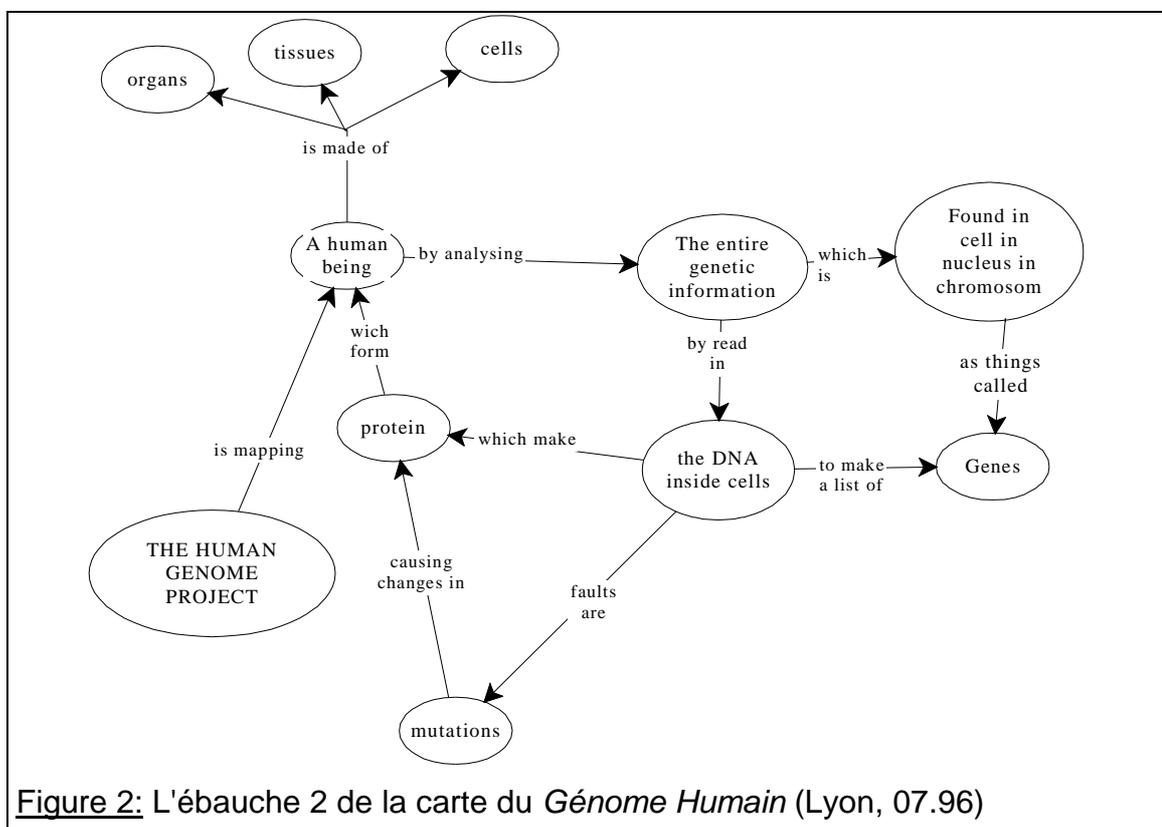


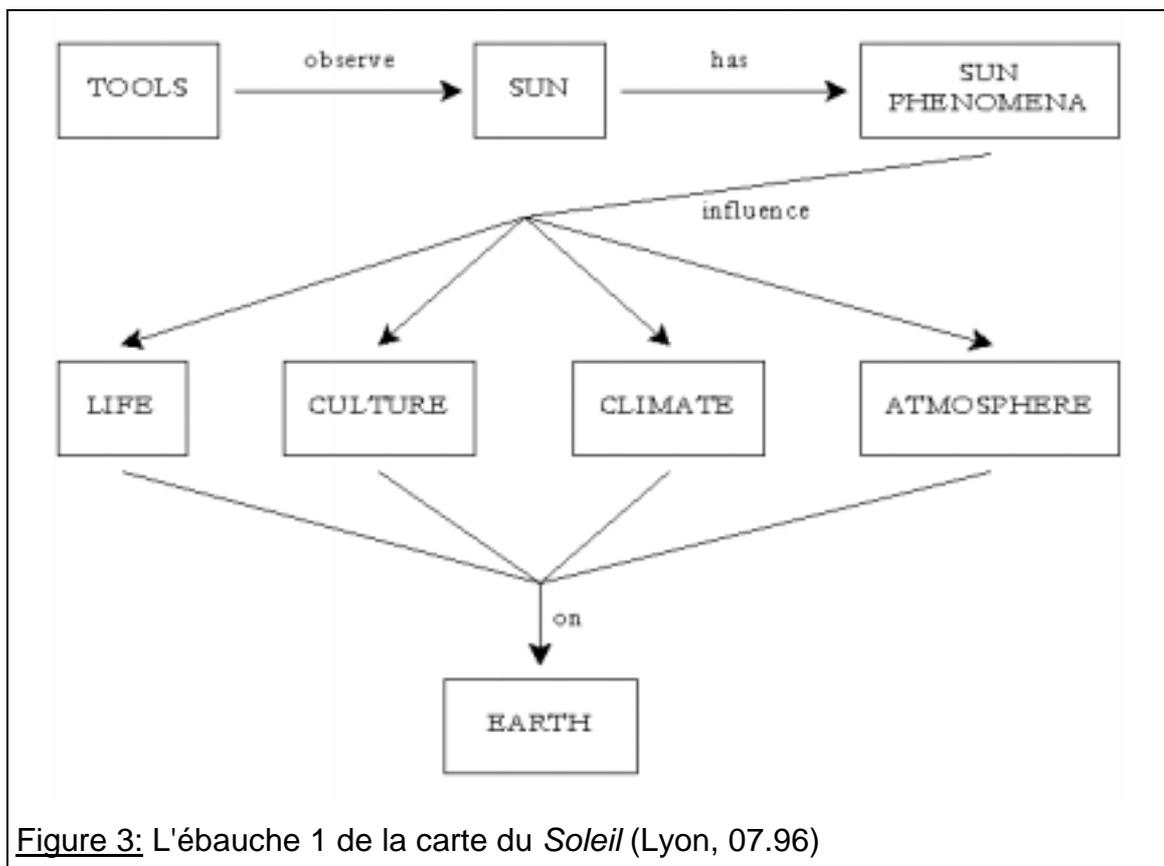
Figure 2: L'ébauche 2 de la carte du *Génome Humain* (Lyon, 07.96)

Durant la session 3, le groupe travaille pour établir l'ébauche 2 de la carte (cf. Figure 2) en renommant les concepts de façon plus précise et en insérant des liens plus précis. Par exemple, le concept "fonctions de croissance du corps humain"⁴ est remplacé par le concept "mutation".

⁴ Les cartes conceptuelles sont écrites en anglais, langue commune des participants à la formation de Lyon et elles sont données ici dans cette version. Mais les termes extraits des

A la fin de la session 3, les auteurs commentent l'ébauche 2 de la carte en disant qu'elle ne décrit qu'un seul aspect du message général: la biologie du corps humain. Le travail que les auteurs commencent alors, après la formation de Lyon, vise notamment à inclure dans la carte les deux autres aspects qu'ils pensent nécessaires: les applications médicales et les considérations éthiques du Projet Génome Humain. De plus les auteurs voient qu'il faut définir à quelle échelle, humaine ou moléculaire, on se place dans la carte.

1.3.2 Cartes écrites par l'équipe du *Soleil*



Ce groupe commence par établir une liste des concepts qui semblent pertinents pour le sujet scientifique du *Soleil*, durant une demi-heure environ. A ce moment, une toute première carte est aussi proposée par un des membres du groupe. Le groupe travaille alors ensemble durant le reste du temps de la session 1 en décidant de tenir compte des trois items suivants pour établir l'ébauche 1 de la carte du *Soleil* (cf. Figure 3):

1. Quel doit être le message général que la carte conceptuelle doit montrer?

2. Quels sont les concepts nécessaires à insérer dans la carte conceptuelle pour représenter ce message?
3. Comment relier ces concepts pour représenter ce message?

Ces trois directions de travail sont bien sûr identiques à celles tenues en compte par l'autre équipe de travail. Il y a cependant une différence dans la méthode de travail suivie par les deux groupes. Le message général n'est pas préétabli pour le groupe du *Soleil* qui se sert de la session 1 et de l'ébauche 1 de la carte conceptuelle pour le définir.

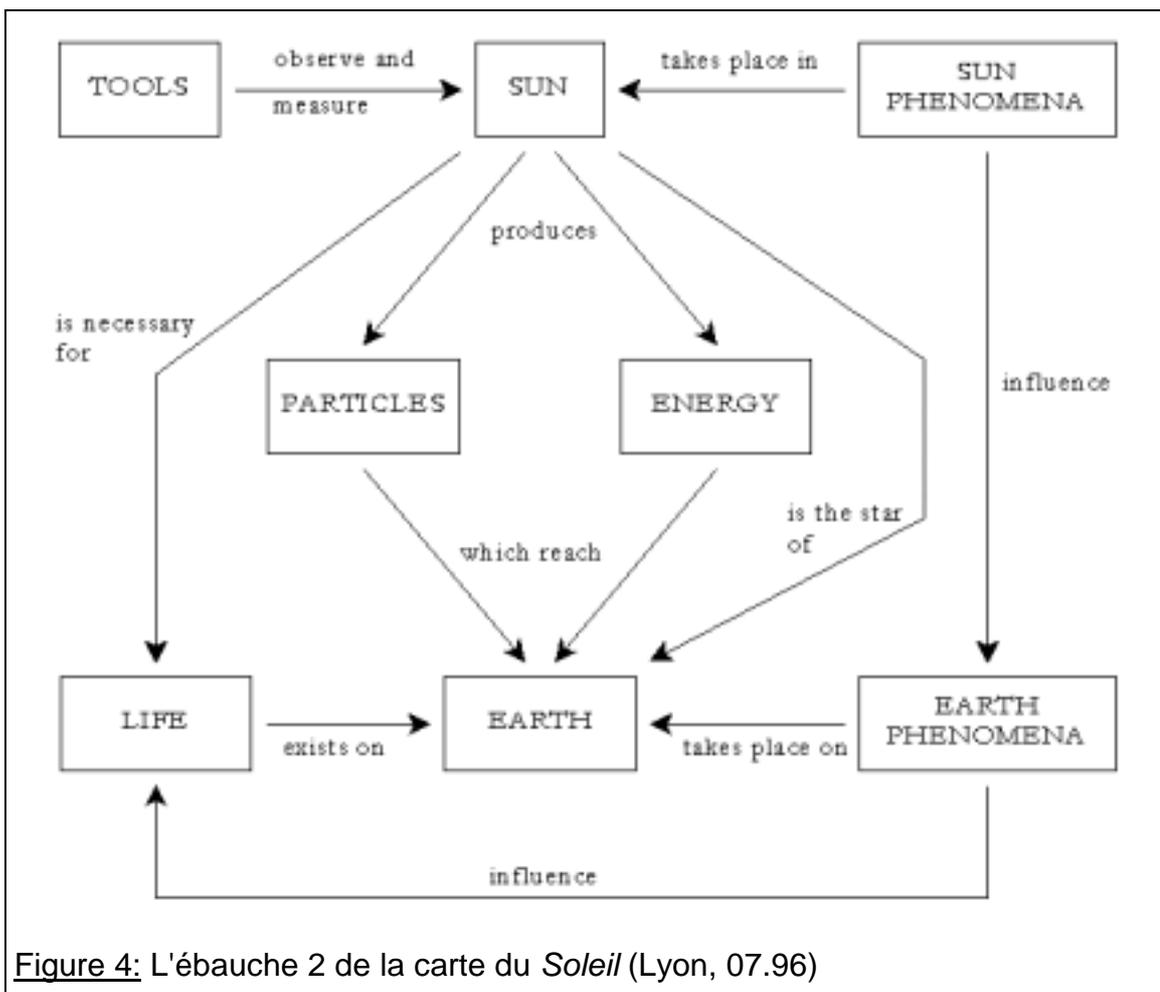


Figure 4: L'ébauche 2 de la carte du *Soleil* (Lyon, 07.96)

Les commentaires effectués durant la session 2 de l'activité sur le travail de ce groupe peuvent être résumés par les points suivants:

1. organisation générale de la carte: ce n'est pas un réseau de propositions: la carte est bâtie sur une proposition unique "les phénomènes solaires influencent la Terre";
2. message général: il est défini par la proposition sur laquelle est basée la carte;
3. choix des concepts: les concepts sont très homogènes car leur niveau de complexité est très similaire mais ils ont besoin d'être plus précis par

exemple pour les quatre domaines influencés sur la Terre par les phénomènes solaires;

4. choix des liens: les liens suivent les règles de Novak: globalement ils sont très explicites et construisent une proposition signifiante (mais unique).

Durant la session 3, le groupe travaille pour établir l'ébauche 2 de la carte (cf. Figure 4) en construisant une structure plus en réseau tout en préservant le message général précédemment établi. Le type de lecture de la structure résultante reste toutefois un peu trop "de haut en bas". La version 2 apporte aussi beaucoup plus de précisions sur le message général. Elle introduit en effet des concepts centraux ("particules" et "énergie") qui donnent un sens précis aux "phénomènes solaires". De plus cette version montre qu'un choix a été fait sur les domaines influencés sur la Terre ("la vie" est conservée).

- Durant la session de formation, les deux équipes de production des deux prototypes du projet Pollen écrivent deux premières cartes conceptuelles en commençant à définir les contenus des deux futurs CD-ROMs.
- Les deux équipes suivent le même processus durant la session de formation: tenter de traduire un message général par un réseau de propositions signifiantes bâties sur des concepts et des liens (règles de Novak pour la construction d'une carte conceptuelle).
- L'équipe du *Génome Humain* parvient directement à suivre les règles de Novak. Elle obtient une structure en réseau constituée de concepts et de liens. Mais aucun message général n'est mis immédiatement en évidence par cette structure.
- L'équipe du *Soleil* ne parvient pas directement à suivre les règles de Novak. Elle n'obtient pas une structure en réseau mais une proposition unique qui met évidemment en évidence un message général.

1.4 Conclusions de la session de formation

Durant cette session de formation, un processus de collaboration s'instaure facilement bien que les différentes personnes y participant n'aient jamais travaillé ensemble auparavant. Une dynamique de groupe s'institue et de riches discussions commencent sur les deux sujets scientifiques, en particulier durant l'écriture des différentes cartes conceptuelles. Cela est dû en partie à l'adéquation de cet outil pour ce type de tâche (pouvoir s'en servir rapidement et relativement facilement, faire partager à un groupe un contenu évolutif car en définition).

Durant cette première approche, les membres des équipes de production montrent un grand intérêt pour la méthodologie de conception basée sur l'utilisation de la carte conceptuelle. Ils trouvent que l'outil est relativement facile d'emploi et adéquat pour la tâche qu'ils commencent. On peut cependant remarquer quelques points sur lesquels ils rencontrent des difficultés et posent des questions:

1. estimer la lisibilité d'une carte;

2. définir le travail à faire pour obtenir une carte mettant en évidence un message général;
3. limiter le contenu de la carte conceptuelle.

Insister sur la fonction finale de la carte conceptuelle (jouer le rôle d'une table des matières interactive) est un argument qui résout la plupart de ces problèmes car cela permet de les relier de façon cohérente. Une table des matières doit, en donnant une vision globale des contenus et en leur donnant accès, favoriser des choix de navigation. Sa lisibilité s'estime donc au travers du message général (les points principaux du contenu) qu'elle laisse plus ou moins apparaître en limitant plus ou moins les entrées retenues comme particulièrement importantes et devant y figurer. On reviendra, dans la synthèse de cette expérience exploratoire (cf. section 4), sur le fait que la session de formation aurait dû insister sur la fonction finale de la carte conceptuelle et sa liaison avec le message général.

La non limitation des contenus est aussi un problème typique des toutes premières étapes d'un processus de définition d'un message, qu'il soit destiné à être diffusé au travers d'une application multimédia, d'une exposition, d'un livre, etc. La divergence des contenus, c'est-à-dire leur grand nombre et leur faible homogénéité, provient à ce stade du fait qu'il est bon de garder toutes les idées afin de mieux entrevoir leur globalité. Ce n'est que dans un second temps, et grâce au premier, qu'il est souhaitable et possible de limiter les contenus.

- La possibilité de représenter et de transformer facilement des contenus avec une carte conceptuelle favorise la discussion entre les personnes impliquées dans la définition d'un thème et de ses idées principales.
- Les questions initiales que les équipes de production posent à propos de la carte conceptuelle sont relatives à l'estimation de sa lisibilité, au travail à faire pour mettre en évidence une idée principale et à la limitation des contenus insérés dans la carte.

1.5 Organisation du travail postérieur à la session de formation

Après cette formation initiale à l'écriture de cartes conceptuelles, et à leur fonction finale pour le projet Pollen, les deux équipes d'auteurs continuent de faire évoluer leur carte conceptuelle qui doit servir de table des matières dans les deux prototypes. Les membres de l'équipe de recherche restent en contact avec les membres des équipes de production pour continuer à les guider. Les cartes conceptuelles intermédiaires analysées dans les sections suivantes montrent cependant le résultat du travail des auteurs, et non celui de l'équipe de recherche, étant donné que le travail fait durant cette seconde étape du projet - pour ce qui concerne la conception des prototypes - est organisé comme suit:

1. phase n:

- temps 1: travail des auteurs pour écrire la carte n (version n de la

carte)

- temps 2: discussion auteurs-chercheurs sur la carte n

2. phase n + 1:

- temps 1: travail des auteurs pour écrire la carte n + 1 en prenant en compte le temps 2 de la phase n
- temps 2: discussion auteurs-chercheurs sur la carte n+ 1

Les temps de travail des auteurs et les temps de discussion auteurs-chercheurs n'étant pas mélangés, il est possible d'analyser, avec l'évolution des versions successives des cartes des deux prototypes, la compréhension qu'ont les auteurs de la carte conceptuelle en temps que future table des matières des deux logiciels du projet Pollen.

2. EVOLUTION DE LA CARTE DU GENOME HUMAIN

2.1 Cartes No.1 et No. 2 du *Génome Humain*

2.1.1 Lisibilité de la carte No. 1

L'organisation générale de la première carte (cf. Figure 5), obtenue par les auteurs après la session de formation et nommée carte No. 1, est celle d'une carte conceptuelle. Elle est structurée autour de propositions qui relient ensemble les concepts tout en n'impliquant pas une lecture "de haut en bas". Même si la carte reste lisible, les nombres de concepts (22) et de liens (26) sont considérés comme trop élevés par les chercheurs qui proposent des idées pour simplifier cette première carte.

La première façon de la simplifier est d'éliminer les concepts restant isolés en les incluant dans des propositions. Par exemple, le concept "fautes ou erreurs" peut être inclus comme lien dans une nouvelle proposition "les mutations sont des erreurs parmi les 6 milliards de nucléotides" car le terme "fautes" a ici le sens attribué communément et le rôle de concept qu'il joue dans la carte No. 1 ne se justifie pas vraiment.

Les expressions incluses comme concepts dans la carte No. 1, "les chromosomes dans le noyau de la cellule" et "une équipe internationale onéreuse" doivent aussi être redéfinis en devenant un simple mot ou un mot avec un adjectif. Il existe aussi des répétitions dans la carte comme, par exemple, l'aspect financier du Projet Génome Humain qui apparaît dans les deux concepts "une équipe internationale onéreuse" et "un gâchis complet d'argent".

Enfin les concepts, apparaissant sous la forme d'exemples d'autres concepts, peuvent être enlevés de la carte No. 1. En effet, dans les principes de la carte conceptuelle, les exemples sont utilisés pour concrétiser un concept mais ils n'apparaissent pas comme des éléments de la carte elle-même car ils sont

Les noms donnés aux liens dans la carte No. 1 sont homogènes et construisent, de ce point de vue, une structure en réseau consistante. Les changements à effectuer sur les liens proviennent donc pour l'essentiel des transformations à effectuer sur les concepts.

2.1.3 Carte No. 2 du *Génome Humain*

Les considérations précédentes précisent les propositions apparaissant dans la carte No. 2 (cf. Figure 6) par rapport à celles de la carte No. 1: elles sont plus signifiantes.

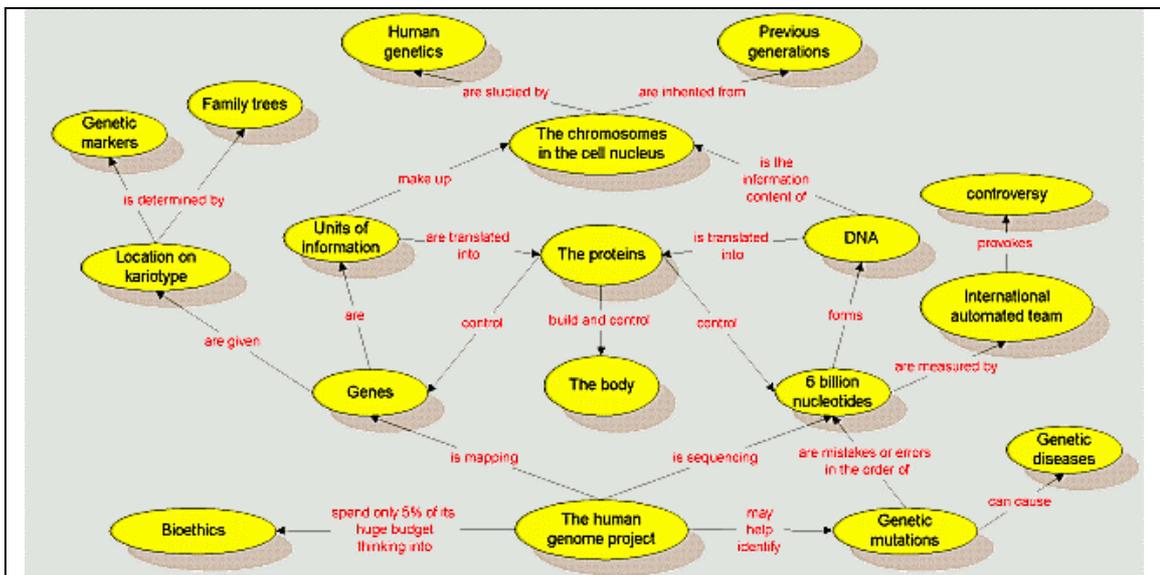


Figure 6: La carte No. 2 du *Génome Humain* (S. Webster, 09.96)

A ce stade, l'auteur se trouve confronté à un double problème. D'un côté, il s'aperçoit que ses deux premières cartes représentent un domaine de connaissance trop étendu. Elles sont conséquemment trop complexes. D'un autre côté, il n'arrive pas à faire ressortir un message général de la carte alors que ses réflexions avec les deux premières cartes le confortent dans l'idée qu'il doit mettre en évidence trois aspects sur la génétique: le scientifique (biologie moléculaire), le médical et l'éthique.

2.2 Carte No. 3 du *Génome Humain*

La solution trouvée à ce problème, est de transformer la carte No. 2 en trois cartes que l'auteur appelle des clusters, chacune étant spécialisée sur un de ces aspects (cf. Figure 7). En séparant ainsi la carte en trois, des propositions plus signifiantes, centrées sur chacun des aspects cités et constituant le message général, devraient apparaître plus facilement. Remarquons que l'auteur procède ici naturellement à des regroupements de concepts pour diminuer la complexité de la carte obtenue (cf. aussi section 4.1.2).

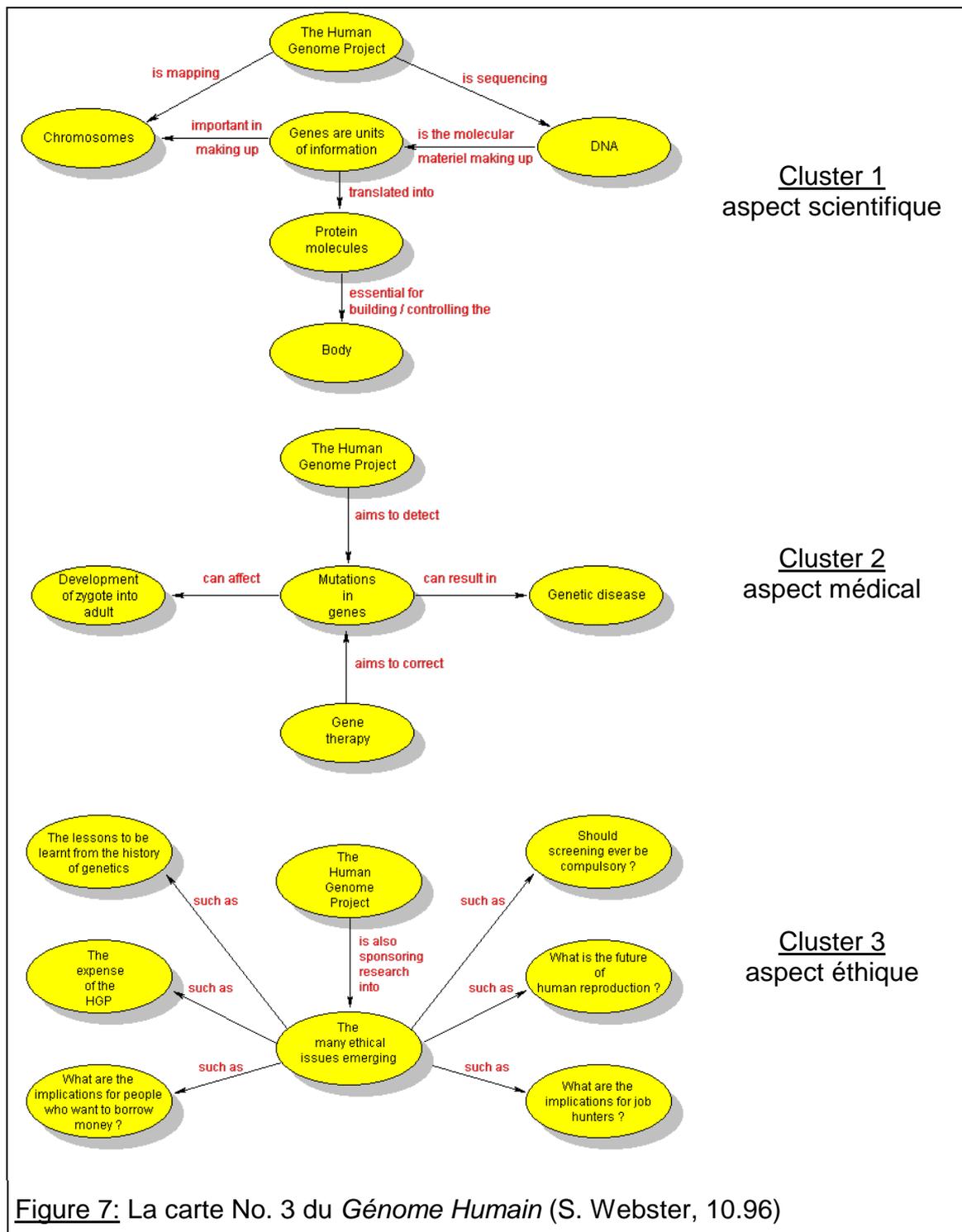


Figure 7: La carte No. 3 du *Génome Humain* (S. Webster, 10.96)

Des problèmes persistent dans cette triple carte No. 3 en ce qui concerne les noms donnés aux concepts. Ainsi, dans le cluster 1, "les gènes sont les unités d'information" est une expression et non un concept. Cet exemple montre en particulier les limitations de l'emploi d'un support papier pour écrire une carte conceptuelle.

Pour désigner le concept "gène", l'auteur utilise sa définition: "unité d'information". Il se réfère ainsi correctement à la notion de concept comme elle est définie dans le cadre théorique appliqué aux cartes conceptuelles (cf. Chapitre 1, section 4.4). Mais, pour rendre sa carte signifiante, il ressent le besoin d'inclure cette définition dans la carte ce qui ne suit alors pas les règles de construction de Novak. On peut imaginer qu'avec un logiciel appliqué à l'écriture des cartes conceptuelles, l'auteur aurait pu placer la définition du concept "sous" celui-ci et résoudre ainsi ce problème.

Dans le cluster 2, le problème des relations tautologiques persiste: l'ensemble de l'information exprimée par cette carte spécialisée est contenue dans les concepts. Au contraire, les liens en contiennent très peu. Par exemple, le concept "mutations dans les gènes" contient déjà l'idée de transformation des gènes et de maladie génétique. La proposition "les mutations dans les gènes peuvent produire des maladies génétiques" n'amène alors pas vraiment de nouvelle information.

Dans le cluster 3, les règles de base de construction des cartes conceptuelles ne sont pas respectées. Beaucoup des exemples, liés à un concept, et que l'on avait décidé d'éliminer de la carte No. 1 réapparaissent ici. L'auteur pense que l'aspect éthique de ce cluster couvre un ensemble trop grand de points et doit être focalisé sur une question plus précise.

Mais, c'est finalement l'aspect graphique résultant de ces trois cartes séparées qui fait que la carte No. 3 est rejetée. La discussion auteur-chercheur fait naître l'idée que l'auteur peut intégrer les trois clusters dans une carte unique en organisant celle-ci autour d'un concept central unificateur: le Projet Génome Humain. Le résultat de ce travail est la carte No. 4 (cf. Figure 8) qui est approuvée par tous les partenaires et qui est la carte finale adoptée pour servir de table des matières au prototype *Génome Humain*.

2.3 Carte finale du *Génome Humain*

La carte No. 4 présente de nombreuses qualités. Sa lisibilité est bonne avec son nombre limité de concepts (10) et de propositions (13) montrées sans qu'il y ait croisement des flèches les représentant. Le niveau scientifique des concepts est homogène et les propositions sont claires et signifiantes. La structure de la carte est celle d'un réseau.

Le travail de l'auteur sur les clusters se retrouve dans la carte No. 4: sa partie gauche correspond aux concepts de biologie moléculaire, sa partie centrale aux concepts médicaux et sa partie droite aux concepts éthiques. En fait l'étape intermédiaire de la carte composite No. 3 avec ses clusters a permis à l'auteur de réfléchir plus avant à ces trois thèmes, et au message général les unifiant, et de les inclure dans une carte unique comportant trois zones thématiques différentes (cf. aussi section 4.1.2).

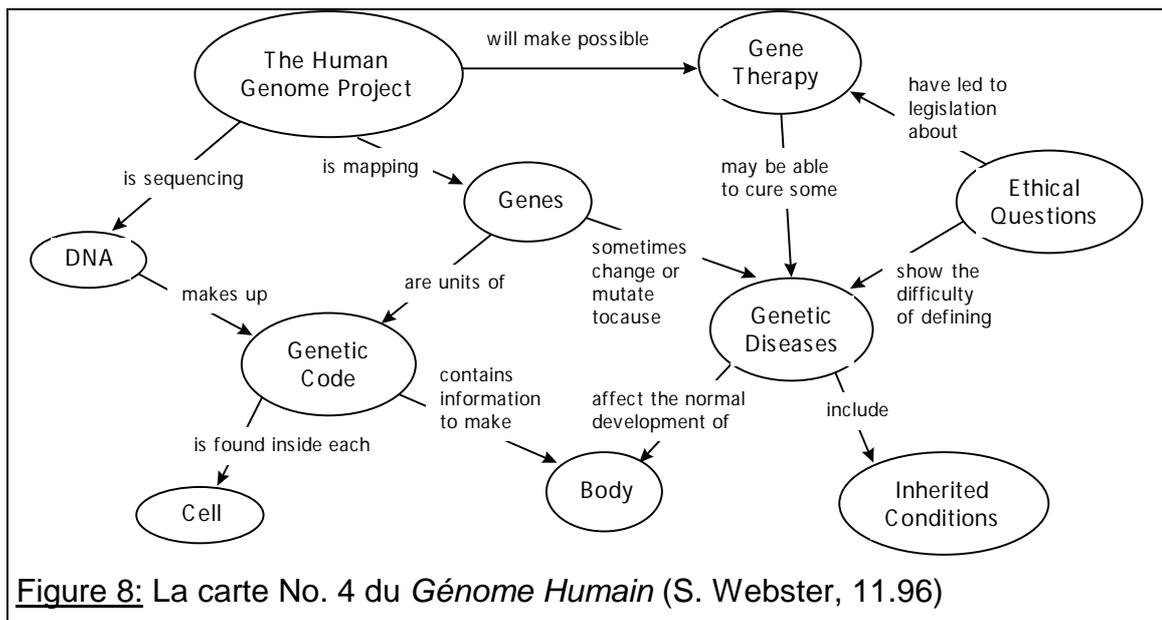


Figure 8: La carte No. 4 du *Génome Humain* (S. Webster, 11.96)

Afin de servir de table des matières, cette carte finale est intégrée dans l'écran d'accueil du prototype *Génome Humain* qui rassemble, dans sa présentation graphique, les accès aux contenus par la carte avec les autres outils élaborés pour ce logiciel: l'aide, les outils de communication (Web, Forum) et la visite guidée (cf. Chapitre 4, Figure 2).

- Pour obtenir une carte pouvant servir de table des matières, l'auteur du *Génome Humain* passe par plusieurs étapes qui visent à augmenter: la lisibilité globale de la carte (nombre limité de concepts et de propositions, pas de croisement des flèches représentant les propositions), l'homogénéité du niveau scientifique des concepts, la clarté des propositions significatives, la structure en réseau de la carte.
- Pour que la carte mette bien en évidence un message général, l'auteur procède à des regroupements de concepts qu'il appelle clusters. Il diminue ainsi la complexité de la carte en rejoignant la notion des agrégats de concepts.

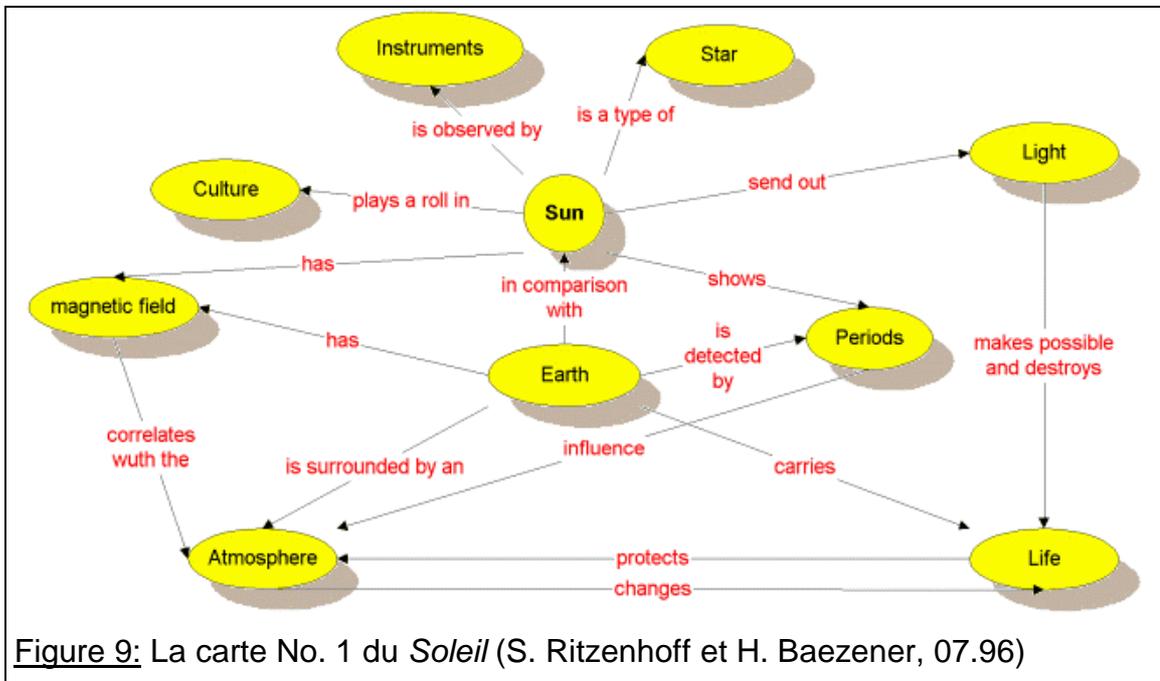
3. EVOLUTION DE LA CARTE DU SOLEIL

3.1 Carte No. 1 du *Soleil*

3.1.1 Lisibilité de la carte No.1

L'organisation générale de la carte No. 1 (cf. Figure 9) est celle d'une carte conceptuelle et est très consistante avec les règles de construction de Novak. Elle est structurée autour de propositions insérées dans la carte et reliant ensemble les concepts en un réseau. Elle n'implique pas une lecture "de haut en bas" mais adopte une présentation où le centre de la carte contient les deux concepts "Soleil" et "Terre".

Les nombres de concepts (10) et de relations (16) favorisent la lisibilité de la carte, lui donnent une extension raisonnable et limitent sa complexité. Ces facteurs rendent la carte No. 1 déjà très adéquate, même dans ce stade intermédiaire, pour une utilisation comme outil d'accès aux contenus⁶.



3.1.2 Noms des concepts et des liens dans la carte No. 1

Les règles de construction de Novak sont bien respectées. Il n'y a pas de confusions entre concepts et exemples de concepts. Les concepts n'apparaissent pas non plus sous la forme de longues expressions et les relations sont basées sur des expressions verbales simples.

Les concepts sont nommés avec des mots: "atmosphère", "périodes", "champ magnétique", etc. Ces termes sont bien choisis car ils sont des concepts scientifiques qui restent compréhensibles du grand public. Les même remarques peuvent être faites à propos des relations basées sur des labels simples: "est dirigé par", "protège", etc.

L'amélioration principale apportée par la carte No. 1, par rapport à la dernière carte écrite durant la formation de Lyon, concerne le message général sur le Soleil. Il devient beaucoup plus explicite dans cette version de la carte. La version précédente mettait en avant l'idée que le Soleil influence la Terre et que

⁶ Une comparaison du processus d'écriture des cartes des deux prototypes est faite dans la section 4.

cette influence est due aux phénomènes solaires. Mais malgré la présence des concepts "particules" et "énergie" qui indiquent que l'on parle de phénomènes physiques, le lecteur de cette carte préliminaire ne pouvait comprendre comment ils influencent la Terre.

Dans la carte No. 1, cette influence est beaucoup plus explicite. En premier lieu, de nouveaux concepts apparaissent comme "lumière", "période" et "champ magnétique" qui donnent au lecteur les noms des phénomènes solaires. En second lieu, ils disent aussi comme ces phénomènes influencent la Terre en étant insérés dans des propositions signifiantes comme "le Soleil montre des périodes qui influencent la Terre" et "le Soleil a un champ magnétique relié à l'atmosphère protège la vie".

On peut remarquer que la carte est basée sur des propositions faites de deux concepts et d'un lien. Par exemple, la dernière proposition citée est en fait constituée de trois propositions indépendantes: "le Soleil a un champ magnétique", "le champ magnétique est relié à l'atmosphère" et "l'atmosphère protège la vie". La proposition totale devrait donc être: "le Soleil a un champ magnétique qui est relié à l'atmosphère pour protéger la vie". Parce que la proposition complète peut facilement être reconstruite par le lecteur, on choisit de garder la séparation introduite par les auteurs. Cela est vrai aussi pour d'autres propositions.

3.2 Carte No. 2 du *Soleil*

3.2.1 Adapter la carte aux contraintes d'un environnement télévisé

Les raisons de l'évolution de la carte No.1 vers une carte No. 2 sont très différentes de celles invoquées dans l'analyse faite de la carte No. 1 du *Génome Humain*. Il y a deux étapes, avec des buts différents, dans l'évolution de la carte conceptuelle de ce prototype.

La carte No. 1 est produite pour définir le contenu scientifique du logiciel et pour préciser le message général. La carte No. 2 (cf. Figure 10) est produite pour prendre en compte les contraintes matérielles d'un environnement télévisé. Initialement le prototype *Soleil* devait en effet être testé dans un environnement de télévision interactive.

Lorsque l'on considère le rôle de la carte comme une interface de navigation, ces contraintes incluent en particulier le fait que lire du texte (des mots et des propositions) sur l'écran d'une télévision n'est pas confortable. Pour résoudre ce problème et écrire la carte No. 2, l'équipe de production du *Soleil* adopte la stratégie de réduire la complexité graphique de la carte No. 1. Le nombre de concepts est diminué de 10 à 7 et le nombre de liens de 16 à 7.

De plus, afin d'augmenter la lisibilité de la carte No. 2 sur l'écran télévisé, la décision est aussi prise de ne faire apparaître un concept et/ou un lien qu'au moment où le curseur, manipulé par l'utilisateur, passe par la zone

correspondante de l'écran.

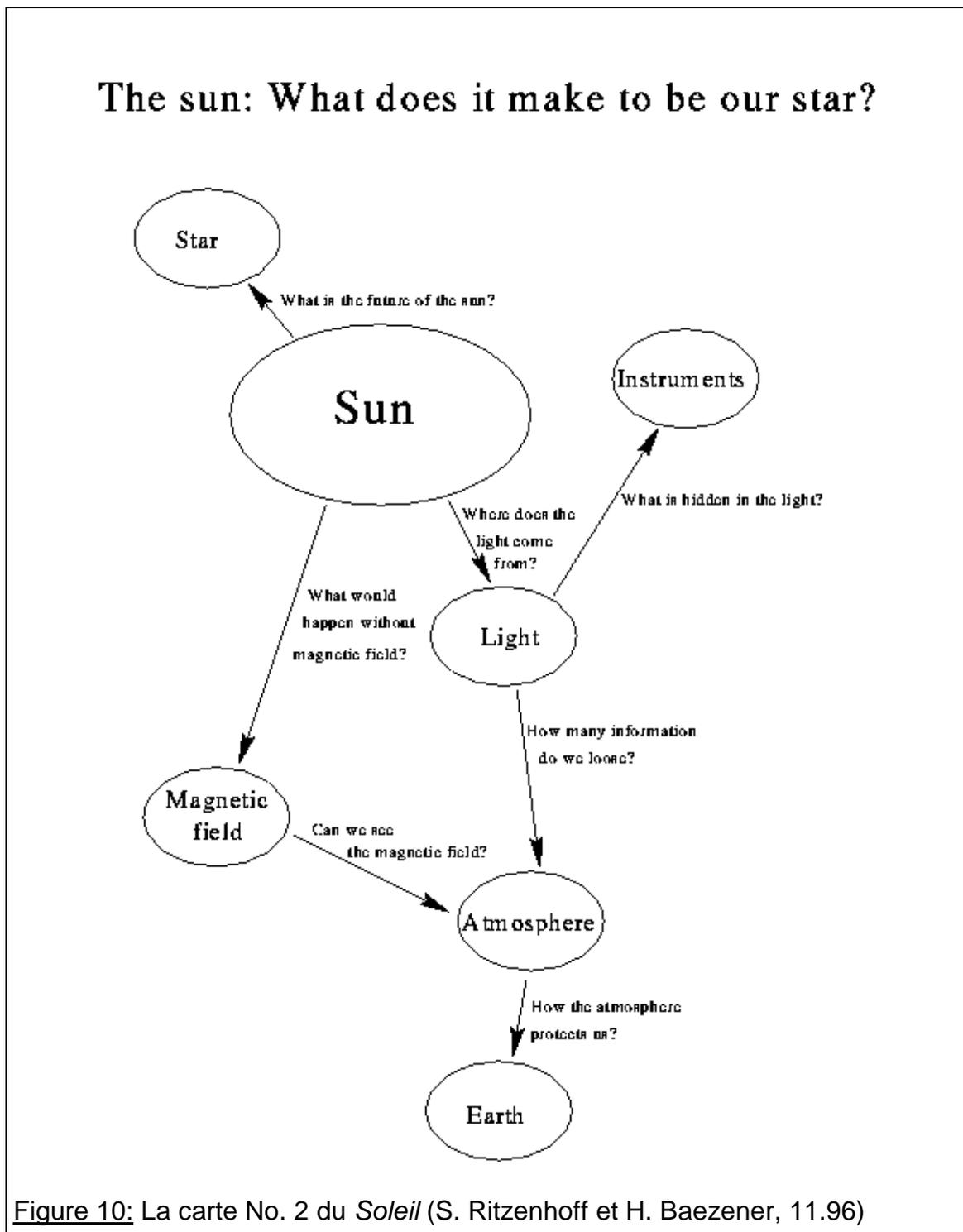


Figure 10: La carte No. 2 du *Soleil* (S. Ritzenhoff et H. Baezener, 11.96)

Une autre stratégie est employée. L'une des recommandations de base pour la conception des prototypes du projet Pollen est de développer un environnement logiciel favorisant l'implication de l'utilisateur. Plus précisément, l'un des choix effectués pour mettre en œuvre cette idée est d'utiliser des

questions que le public se pose sur le sujet scientifique du Soleil. L'équipe du prototype *Soleil* intègre alors de telles questions dans la carte No. 2 en leur faisant jouer le rôle des liens entre les concepts.

Ces questions insérées sont relatives aux différents aspects du message général défini ("le Soleil, que fait-il pour être notre étoile?"):

1. "Quel est le futur du Soleil?": concerne notre propre futur sur la Terre et la période de temps durant laquelle il restera un de nos proches amis;
2. "Que se passerait-il sans le champ magnétique?": est complètement relié à une partie de la nature physique de l'influence du Soleil sur la Terre;
3. "Qu'est-ce qui est caché dans la lumière?": concerne l'observation instrumentale du Soleil, de ces constituants internes et des phénomènes qui se passent à sa surface et dans son cœur.
4. etc.

3.2.2 Lisibilité de la carte No. 2

Ainsi définie, la carte No. 2 du prototype *Soleil* est radicalement différente de la carte No. 1: elle ne suit plus les règles de construction de Novak. Malgré de nombreuses discussions, aucune autre solution n'émerge pour pallier ce problème. Il est décidé d'aller de l'avant avec ce nouveau type de carte conceptuelle. Mais, pour que l'utilisateur puisse accéder au message général que la carte met en avant, alors que celle-ci n'est jamais entièrement visible, il est décidé de le faire toujours figurer comme titre de la carte (cf. Figure 11).

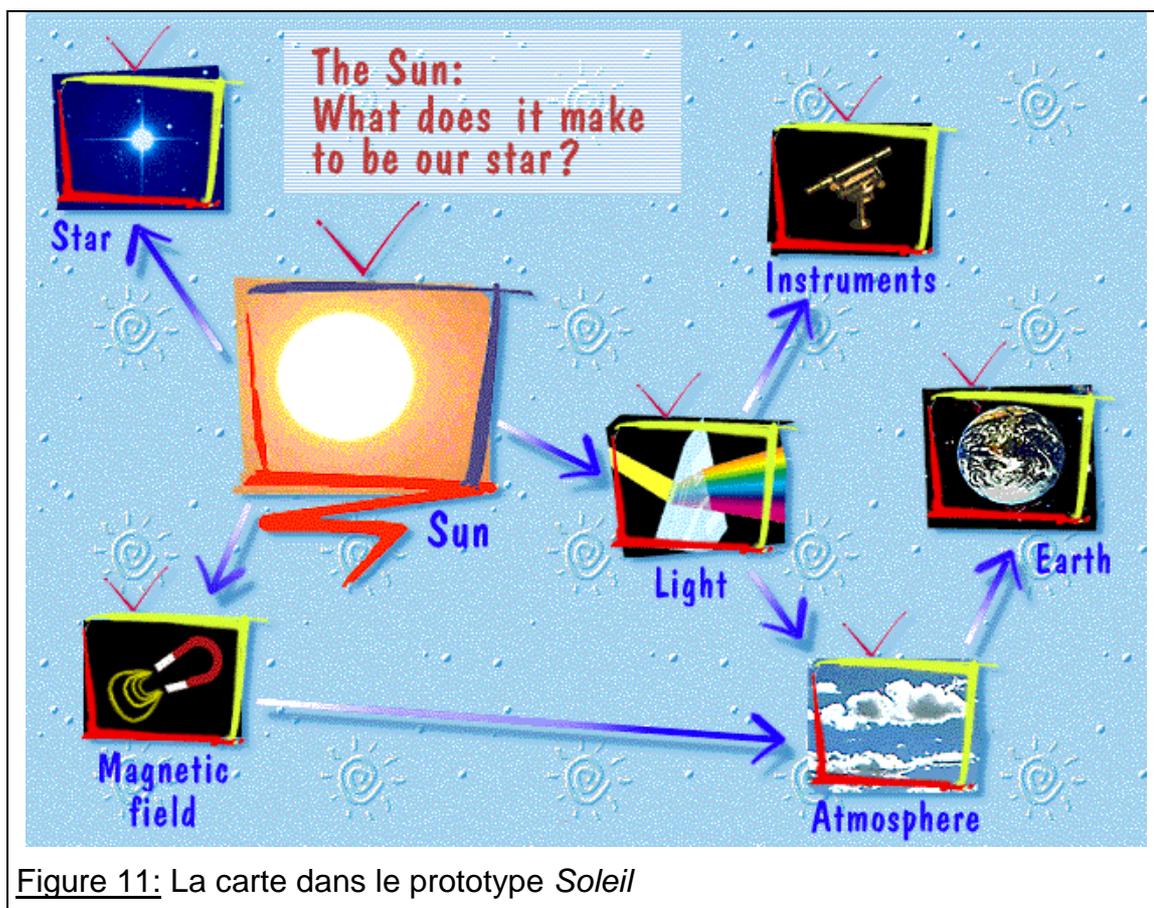
Le concept "culture" disparaît complètement durant les transformations menant à la carte No. 2. Les auteurs choisissent ainsi de se focaliser, au niveau du message général, sur les aspects de la phénoménologie physique.

Deux autres concepts disparaissent également: "période" et "vie". Les auteurs considèrent que le premier est un concept d'un niveau plus détaillé par rapport aux autres concept de la carte No. 2. L'idée contenue dans le second et dans la proposition qui est reliée à ce concept dans la carte No. 1 persiste dans une question de la carte No. 2:

1. carte No. 1:
 - "la lumière rend possible et détruit la vie"
 - "l'atmosphère protège la vie"
2. carte No. 2:
 - "comment l'atmosphère nous protège?"

Le concept vie reste dans le mot "nous" utilisé dans la question qui met en évidence l'idée de la protection que nous assure l'atmosphère, idée qui était précédemment présente dans les deux propositions avec les verbes "détruit" et "protège".

La refonte complète faite pour aboutir à la carte No. 2 fait aussi disparaître certaines idées présentes dans la carte No. 1 comme, par exemple, le fait que le Soleil et la Terre ont tous les deux un champ magnétique.



- Les auteurs du *Soleil* dépassent les mêmes obstacles que l'auteur du Génome Humain pour parvenir à une carte conceptuelle répondant aux règles de construction de Novak.
- Pour adapter cette carte aux contraintes d'un environnement de télévision interactive, ils la transforment radicalement et ne suivent alors plus du tout ces règles. En particulier, la nouvelle carte, adoptée pour servir de table des matières au prototype *Soleil*, ne permet pas directement une lecture de tous les noms des concepts et des expressions utilisées dans les liens.

4. SYNTHÈSE DE L'EXPERIENCE

4.1 Pas de mode unique d'écriture pour une carte conceptuelle

4.1.1 Différences dans les étapes d'écriture

L'évolution des deux cartes conceptuelles des deux équipes de production, montre que celle du *Soleil* se stabilise beaucoup plus vite que celle du *Génome Humain*. En effet il ne faut que deux étapes pour le *Soleil* à lieu de quatre pour le *Génome Humain*.

Peut-être les auteurs du *Soleil* sont-ils plus réticents à communiquer l'ensemble de leurs cartes intermédiaires. Il est toujours difficile de diffuser de tels résultats qui ne sont plus considérés pertinents. Mais l'impression générale ressortant des discussions avec les auteurs et de la vue globale sur le processus d'écriture de la carte conceptuelle n'est pas celle-là.

En effet, dès les ébauches initiales de cartes faites à Lyon, une plus importante stabilisation de premières idées se développe entre les membres de l'équipe du *Soleil*. Par exemple, le message général pour ce prototype apparaît à Lyon et, s'il se précise ensuite, il ne change pas de façon radicale. Au contraire l'équipe du *Génome Humain* a besoin de beaucoup plus de temps et d'une étape supplémentaire (la division de la carte No. 2 en clusters) pour formuler un tel message général.

De même, les règles de construction de Novak sont appliquées plus strictement dès le début par l'équipe du *Soleil* et la phase de travail correspondant aux deux premières cartes de l'équipe du *Génome Humain* est obtenue directement avec la carte No. 1 de l'équipe du *Soleil*.

On peut expliquer la différence globale de ces deux processus d'écriture d'une carte conceptuelle par le fait que les auteurs sont des individus différents. Ils appliquent des règles données et s'approprient un outil plus ou moins facilement. Ils ont besoin de plus ou moins d'étapes pour parvenir à un résultat qu'ils jugent satisfaisant.

Il faut certainement tenir compte aussi des contraintes différentes auxquelles les deux équipes doivent faire face. En effet, les configurations matérielles/logicielles servant de support de démonstration aux deux logiciels sont différentes: environnement PC pour le *Génome Humain* et télévision interactive pour le *Soleil*.

Une contrainte supplémentaire (on ne peut pas lire facilement sur un écran télévisé) s'impose aux auteurs du *Soleil*. On peut faire l'hypothèse que ce paramètre additionnel engendre des limites concrètes plus fortes. Les solutions adéquates sont alors en moins grand nombre et, en conséquence, le nombre d'étapes est aussi réduit.

Cela ne veut pas dire du tout que la solution trouvée est plus pauvre. Elle répond bien aux différentes contraintes prédéterminées et aux buts du prototype. Mais l'environnement PC du *Génome Humain*, plus riche en possibilités interactives, oblige, ou permet aux auteurs de ce prototype de suivre un processus plus extensif.

4.1.2 Une technique similaire?

Malgré toutes ces différences dans le processus d'écriture de la carte, un certain parallèle peut être établi entre les questions insérées dans la carte No. 2 du *Soleil* et les clusters de la carte No. 3 du *Génome Humain*.

En utilisant la carte conceptuelle pour définir un contenu, les auteurs construisent donc un ensemble de propositions sans penser d'abord à l'organisation de cet ensemble. Pour augmenter la lisibilité de la carte ainsi obtenue et pour mieux y mettre en évidence les idées qu'ils retiennent comme les plus importantes, les auteurs cherchent ensuite des thèmes plus structurants. Les concepts s'y rattachant sont alors regroupés dans l'espace de la carte et définissent ainsi ce qui peut être appelé des zones conceptuelles.

L'auteur du *Génome Humain* a employé cette technique explicitement avec ses clusters. Pour l'équipe du *Soleil*, ce n'est pas le cas. Mais certaines questions de la carte No. 2 du *Soleil* pourraient permettre de regrouper certaines parties de la carte No. 1 de ce prototype. Par exemple les deux questions "Peut-on voir le champ magnétique?" et "Comment l'atmosphère nous protège?" pourraient correspondre aux différents concepts placés au bas de la carte No. 1. De même, comme on l'a vu, les trois aspects scientifique, médical et éthique du *Génome Humain*, définis par l'auteur de ce prototype comme les thèmes principaux de celui-ci, se retrouvent dans des parties bien déterminées de la carte No. 4.

Cette technique rappelle celle des agrégats de concepts utilisée par les informaticiens qui génèrent automatiquement des cartes représentant l'ensemble du réseau des concepts et des liens d'un hypertexte (cf. Chapitre 1, section 3.3). En définissant des notions plus générales, les clusters permettent le regroupement de notions plus détaillées et diminuent la complexité de la carte.

- Les étapes du processus suivi par les équipes des deux prototypes pour écrire les cartes devant servir de table des matières sont différentes (nombre d'étapes, buts des étapes). Outre les différences d'appropriation d'un outil (la carte conceptuelle) par des individus différents, ce sont aussi les différences de contraintes qui influencent ces étapes.
- Pour augmenter la lisibilité d'une carte initiale et mieux mettre en évidence la(les) idée(s) principale(s) mise(s) en avant dans une telle carte, les auteurs procèdent à des regroupements de concepts.

4.2 Concept ou exemple de concept?

Le choix des concepts à insérer ou à rejeter dans la carte conceptuelle est l'une des principales difficultés parmi celles rencontrées par les auteurs ayant mis en œuvre le processus de sélection des concepts selon la méthode proposée, c'est-à-dire en écrivant avec eux une carte conceptuelle.

La difficulté ne semble pas, a priori, se poser au niveau de comprendre la définition d'un concept. A Lyon, très peu de questions concernent sa définition, pourtant donnée plusieurs fois lors de la session de formation, alors que les deux groupes de production sont très vivants. De plus, ultérieurement, presque

aucune discussion téléphonique ou par courrier électronique n'a lieu à ce propos entre les auteurs et les chercheurs.

La question se pose néanmoins, d'une façon plus pragmatique, au cours de l'écriture des différentes versions de cartes conceptuelles lorsqu'il s'agit de différencier concept et exemple de concept. Selon les principes fondamentaux de la carte conceptuelle, les exemples sont utilisés pour concrétiser un concept mais ils ne sont pas des éléments de la carte elle-même. Ils sont décrits et présentés dans les documents accessibles à partir des concepts de la carte.

En fait, la différence entre ces deux notions ne peut certainement pas être établie de façon générale car un exemple de concept peut avoir valeur de concept. Suivant le contexte, un terme peut être un exemple de concept ou un concept comme on peut le voir dans le cas particulier du mot "Terre".

Dans la proposition "la Terre est une planète", "la Terre" apparaît comme un exemple du concept "planète". Une telle proposition ne suit donc pas le principe spécifiant que les exemples de concept doivent être présentés dans les documents donnant la définition d'un concept. Cela ne veut pas dire que "Terre" et "planète" ne devraient pas apparaître tous deux dans une même carte conceptuelle mais qu'il semble mieux de ne pas les relier en constituant une proposition tautologique, c'est-à-dire n'amenant que peu de signification dans la carte.

Au contraire, dans la proposition "la vie existe sur Terre", "vie" et "Terre" sont des concepts indépendants et leur relation est riche. De ce fait la carte conceptuelle peut jouer le rôle d'une table des matières car les documents auxquels elle donne accès à partir des trois composants de la proposition ne répètent pas l'information déjà donnée dans la carte. Ces documents exposent les conditions existant sur la Terre et qui y rendent possible la vie.

Quelques nuances doivent être introduites. Les deux paragraphes ci-dessus abordent une notion d'indépendance des concepts qui apparaît en effet lorsque l'on considère la question de savoir si un concept est l'exemple d'un second concept ou non. Mais ils introduisent aussi la notion de la richesse d'une relation entre deux concepts, notion extrêmement importante dans le cadre du processus de conception d'un hypermédia éducatif. La proposition "la Terre est une planète" est tautologique pour de nombreux adultes et pour un public scientifique. Mais elle ne l'est pas du tout pour de jeunes enfants.

Il faut donc relier la notion de richesse d'une proposition avec son degré de signification pour le public visé et, conséquemment, avec les préconceptions de ce public. Nous trouvons là un bon exemple de la dépendance existant entre le jugement de l'auteur sur la richesse des propositions qu'il insère dans la carte et la connaissance qu'il a de la compréhension de son public envers le sujet scientifique expliqué.

- Selon la définition des cartes conceptuelles, un exemple de concept ne devrait pas figurer dans la carte. Seul le concept doit y figurer. Cependant il peut être difficile de distinguer entre ces deux notions.
- Selon le contexte un terme peut être un exemple de concept ou un concept et il n'y a donc pas lieu de le rejeter a priori d'une carte en cours d'élaboration. Le plus important est la richesse des propositions construites avec les "concepts" insérés dans la carte. Cette richesse dépend notamment des conceptions du public auquel on s'adresse.

4.3 Message général et fonctions de la carte conceptuelle

Durant toute la durée du processus d'écriture une controverse se développe entre les auteurs et les chercheurs. Ceux-ci demandent de veiller à ce que la carte conceptuelle exprime explicitement et directement un message fort. Ceux-là éprouvent du mal à concrétiser cette demande et il y a sans doute deux raisons à cette difficulté:

1. point de vue de la définition d'un contenu: avec des sujets aussi larges que ceux du *Génome Humain* et du *Soleil*, il est difficile pour un auteur de résumer l'ensemble du contenu par un seul message;
2. point de vue de la conception hypertexte: un produit hypertexte nécessite une structuration pour son utilisation qui se heurte aux modèles mentaux à la base de l'utilisation de documents plus traditionnels.

La tâche de définition d'un message général est l'une des plus difficiles à atteindre dans le processus de conception d'un produit de culture scientifique: "Qu'est-ce que je veux vraiment dire? Comment puis-je l'exprimer en une simple phrase ou en un court paragraphe?" Quel que soit le message général qu'un auteur puisse élaborer, sa construction peut toujours faire naître chez lui une impression désagréable: "Je ne dis pas tout!" et "Je ne dis pas ce que je veux!"

Précisons bien que la consigne donnée aux auteurs n'est pas de concrétiser obligatoirement un message général sous la forme d'une seule phrase. Un tel message peut en effet être constitué de plusieurs idées fortes. Peut-être y a-t-il là un léger malentendu entre les auteurs et les chercheurs. Essayer de limiter le contenu de la carte conceptuelle autour d'un message simple, soit-il composite, est vu par les chercheurs comme une méthode d'écriture pour que la carte puisse mieux jouer son rôle final de table des matières en mettant clairement en évidence ce message. Au contraire, les auteurs remettent souvent en cause, durant le processus d'écriture de la carte, la validité de cette nécessité d'un message général.

Cette phase de limitation est d'une importance capitale dans le processus de

conception d'un produit de culture scientifique⁷. L'auteur peut être persuadé que cette limitation (et sa structuration) permet d'augmenter la compréhension que l'apprenant peut construire. Pourtant cette tâche est très déstabilisante pour l'auteur: il en sait beaucoup plus sur le sujet scientifique qu'il n'est raisonnable d'expliquer et doit décider des parties qui doivent être presque complètement laissées de côté.

Un autre sentiment de l'auteur peut être invoqué ici. Il semble que les deux équipes d'auteurs tendent progressivement à une carte conceptuelle conçue comme une représentation d'un domaine de connaissance ayant l'ambition de la neutralité du discours scientifique. Tentant de disparaître derrière l'objectivité de la représentation, les auteurs sont récalcitrants envers l'idée de personnaliser la carte en introduisant un message, qui peut inévitablement être mis en question et qui peut apparaître plus comme un point de vue personnel que comme les titres neutres que sont le *Soleil* et le *Génome Humain*.

D'un côté, les auteurs n'éprouvent donc pas de difficulté notoire avec la fonction de représentation de la carte conceptuelle. Après une phase d'entraînement à cet outil nouveau pour eux, ils parviennent à délimiter les contenus en l'utilisant. Et la carte qu'ils proposent comme résultat final représente effectivement cette limitation.

Mais les idées fortes du message général qu'elle exprime, et que les auteurs ont alors clairement en tête, se trouvent en dehors de la carte. En effet, l'équipe de production du *Soleil* propose une carte finale qui ne permet plus de vue d'ensemble des idées fortes définies, cela à cause des contraintes de l'environnement matériel/logiciel du prototype, et le message général n'est inséré dans la carte, sous la forme d'un titre, qu'après discussion (cf. Figure 11). De même l'auteur du *Génome Humain* a établi de telles idées fortes sur la base des clusters et ne les a pas insérées dans la carte finale alors qu'il les a exprimées explicitement:

1. idée du cluster scientifique: "Les gènes décident de mon apparence physique, n'est-ce pas?"
2. idée du cluster médical: "Le Projet Génome Humain n'a rien à voir avec moi, n'est-ce pas?"
3. idée du cluster éthique: "La bioéthique; ai-je vraiment à m'en soucier?"

Pour eux la carte semble être finalisée quand elle représente des contenus bien délimités alors qu'une étape supplémentaire est nécessaire: s'assurer que les idées apparues avec la carte et résumant le mieux les contenus apparaissent également dans la carte. En effet ce sont notamment ces idées qui donnent la possibilité aux lecteurs de cette carte de créer leurs propres

⁷ Elle l'est en fait dans nombre de situations de communication car elle permet de définir des contenus précis.

cheminements. Les auteurs délivrent donc a priori une carte qui est l'aboutissement de leur cheminement personnel (fonction de représentation) et non une carte qui est pleinement le départ de plusieurs cheminements (fonction procédurale).

Ainsi, d'un autre côté, en s'appropriant l'outil qu'ils utilisent pour définir les contenus, c'est-à-dire les délimiter et trouver un message général, les auteurs donnent l'impression d'oublier sa finalité: servir de table des matières au logiciel. La fonction procédurale de la carte conceptuelle, c'est-à-dire donner accès à l'ensemble des contenus notamment en mettant en évidence les idées principales, semble donc être négligée ou mal perçue par les auteurs et doit constamment être rediscutée.

On trouve ici sans doute la persistance des habitudes de conception de documents, ou de situations didactiques, devant servir de façon plus linéaire que les hypertextes et la difficulté subséquente de concevoir une structure hypertexte. Les auteurs des deux prototypes du projet Pollen sont en effet des enseignants qui ont l'habitude de présenter un tel message général plutôt à la fin qu'au début de leur cours. Cette observation a été faite en particulier dans le contexte d'une séance de travail du prototype *Soleil*, à propos de la définition d'une séquence interactive du prototype visant à expliciter un item particulier de son contenu.

L'auteur dit que le message global de cet item est de montrer qu'il existe différents scénarios possibles à la vie d'une étoile. Chacun de ces scénarios comprend quatre ou cinq phases d'évolution de l'étoile et les trois premières phases sont communes à tous les scénarios qui ne se distinguent donc que par leurs phases ultérieures.

Lorsque l'on aborde la définition d'un scénario interactif pour ce message global, c'est-à-dire comment montrer ces différents scénarios avec le logiciel, l'auteur propose alors de créer une animation pour la phase 1 qui serait montrée en premier, puis de montrer ensuite successivement les phases 2 et 3. Viennent ensuite seulement les branches distinctes des différents scénarios.

Les chercheurs font alors remarquer que la séparation des branches des différents scénarios ne serait alors visible que si l'utilisateur va jusqu'à la fin des trois premières animations correspondant aux trois premières phases. Il y a donc fort à parier que certains utilisateurs ne peuvent découvrir, avec cette implémentation logicielle, le message global et peuvent même éventuellement construire un savoir scientifique contraire du fait que les trois premières phases sont identiques. Les chercheurs préconisent l'implémentation contraire: placer un schéma complet, dans un écran initial, montrant à la fois les phases communes et leur séparation en scénarios distincts.

Dans une situation d'enseignement frontal, tout comme dans une production audiovisuelle, l'enseignant ou l'auteur est généralement certain que l'apprenant

ou le spectateur va être présent jusqu'à la fin de la séquence. Ainsi pour maintenir l'attention et la motivation de l'audience, il peut être préférable de délivrer le message général à la fin, comme une conclusion logique de l'analyse. Mais cette stratégie est inadéquate dans le cas d'un logiciel interactif de culture scientifique. Elle peut même mener à la construction de conceptions complètement erronées du message général.

Il ne s'agit pas, dans ce chapitre, de dévaloriser le travail des auteurs. Malgré tous les obstacles rencontrés, ils remplissent leur rôle et réussissent à écrire des cartes conceptuelles servant de tables des matières pour les deux prototypes. De plus aux remarques "négatives" qui viennent d'être faites, on peut ajouter que la construction du message général est sans nul doute un des points sur lesquels les chercheurs auraient dû insister davantage lors de la session de formation de Lyon afin de mieux anticiper ces incompréhensions. Dans le cas du projet Pollen, elles sont surmontées par la discussion entre les auteurs et les chercheurs au fur et à mesure qu'elles se présentent.

- La tâche de définition d'un message général est l'une des plus difficiles à atteindre dans le processus de conception d'un produit de culture scientifique.
- Elle déstabilise l'auteur qui, dans cette tâche de définition d'un message général, se voit contraint de limiter fortement les explications apportées alors qu'il en sait beaucoup plus sur le sujet.
- Si le message général n'est pas apparent dans la carte, les auteurs délivrent avec elle l'aboutissement de leur cheminement personnel (fonction de représentation de la carte) et non une carte qui est pleinement le départ de plusieurs cheminements (fonction procédurale de la table des matières).
- Délivrer, dès le départ, son message général est une règle de communication à utiliser pour concevoir des hypertextes éducatifs et culturels. Cette conception se heurte à l'habitude contraire qui est de garder un tel message pour la fin afin de maintenir l'attention du public.

Les auteurs d'un CD-ROM de culture scientifique peuvent donc, sans faire face à de grandes difficultés, construire une table des matières sous la forme d'une carte conceptuelle. Cette vérification étant faite, c'est l'emploi de la carte, jouant le rôle de table des matières, par des utilisateurs de produits hypermédias, qui est analysé plus avant.

CHAPITRE 4

CHOIX METHODOLOGIQUES

Pour répondre aux trois questions mises en évidence dans la problématique (cf. Chapitre 1), il faut d'abord définir les sources et les types d'investigations permettant de collecter les informations nécessaires. Dans une seconde phase, il faut définir les protocoles d'expériences et les méthodes de traitement des informations récoltées.

L'évolution des outils de lecture du livre est reconstituée en trois étapes majeures (naissance, développement, généralisation) au travers des écrits des historiens du livre qui concernent une période allant du IV^{ème} au XVIII^{ème} siècle. L'importance de l'aspect graphique de ces outils rend nécessaire une iconographie pour montrer leur évolution.

Pour analyser les outils de navigation des CD-ROMs de culture scientifique, 44 titres sont sélectionnés. Quatre outils sont définis au départ: outil d'accès, outil de recherche, écran d'accueil, outil d'aide. Une grille de lecture, décrivant les outils rencontrés, et un tableau analytique, condensant les informations récoltées, permettent de définir une typologie prenant en compte la fonction des outils et leur format de présentation.

Pour comparer l'utilisation de deux versions d'une table des matières (carte conceptuelle et table des matières classique), une évaluation formative en deux étapes est mise au point (recherches exploratoires - cf. Chapitres 2 et 3 - et détaillée). Divers outils d'évaluation sont utilisés: entretiens, observations directes, fichiers de navigation, questionnaires.

L'expérience détaillée place les utilisateurs sélectionnés en situation d'activité avec un CD-ROM sur le génome humain. Elle est organisée en trois phases successives: motivation, activité et feed-back. Les mesures effectuées comparent les activités menées avec les deux versions du logiciel et les types de contenus explorés par les utilisateurs. Elles comparent la pertinence de la

navigation effectuée pour la tâche fixée: rechercher dans le logiciel des éléments de réponse à une question.

1. ORIGINES DES OUTILS DE NAVIGATION DU CD-ROM ACTUEL

1.1 L'histoire du livre comme source d'information

1.1.1 Recherche des travaux des historiens du livre

La première question émergeant de la problématique est: D'où viennent les outils de navigation employés aujourd'hui dans le CD-ROM de culture scientifique? Comme cela a été établi dans le Chapitre 1, c'est dans l'histoire du livre que se trouvent les réponses à cette question.

Les sources d'information utilisées sont de nature bibliographique et la procédure globale à suivre est très classique pour trouver les données nécessaires: consultation des thesaurus et des catalogues électroniques (RERO et SWITCH) du réseau des principales bibliothèques universitaires helvétiques.

De nombreux ouvrages traitant de l'histoire du livre sont trouvés ainsi, consultés puis retenus (cf. Bibliographie) en fonction des informations qu'ils contiennent sur des questions plus précises:

1. Quand sont nés les outils de lecture du livre?
2. Dans quels buts les outils de lecture du livre sont apparus?
3. Comment et pourquoi les outils de lecture du livre ont évolué?
4. Quelle(s) forme(s) ont pris les outils de lecture du livre?
5. Qu'ont changé les outils de lecture du livre dans l'acte de la lecture?

Il s'agit en effet, en premier lieu, de trouver les principaux travaux des historiens du livre pour y collecter les passages traitant spécifiquement des outils de lecture. La consultation de ces ouvrages fait entrevoir deux facteurs dans cette recherche d'informations:

1. nous pouvons considérer plus particulièrement la table des matières et l'index (et donc aussi la pagination) car les historiens du livre démontrent que ce sont là les deux principaux outils de lecture du livre;
2. nous devons étendre cette recherche à une période historique très large, allant du IV^{ème} siècle de notre ère au XVIII^{ème} siècle, pour tracer l'esquisse historique voulue.

Dans ces ouvrages, des citations de lettrés, contemporains aux faits rapportés par les historiens du livre, sont aussi recherchées. Ces propos, pour autant qu'ils n'aient pas été trop transformés, permettent en effet de mieux montrer les connaissances et les intentions des intellectuels d'antan par rapport aux outils de lecture. On peut espérer palier ainsi, partiellement du moins, à un problème important, soulevé par une historienne du livre, inhérent au genre de l'étude entreprise:

"Pour évaluer les changements introduits par l'imprimerie, il nous faut examiner les conditions qui prévalaient avant son apparition. Or les

conditions de la culture du manuscrit ne peuvent être scrutées qu'à travers le voile de l'imprimé." (Eisenstein E., 1991, p. 20)

Ce problème s'applique tout particulièrement à notre recherche car nombre des principales transformations venues dans les outils de lecture du livre se sont effectuées au temps des manuscrits (cf. Chapitre 5 et 6), c'est-à-dire avant l'avènement de la typographie à caractères mobiles¹. Si elles se sont donc effectuées indépendamment de l'imprimerie, il est vrai que leurs traces se retrouvent bien souvent au travers d'ouvrages et de textes imprimés qui n'ont, en général, ni les contenus exactement identiques ni les mêmes formes que les originaux manuscrits.

Cette préoccupation montre une des limites fortes de notre analyse. Il est difficile voire impossible de connaître les pratiques des lettrés et des étudiants avant l'imprimerie. Pour être sûr d'éviter les déformations dans les citations relatives à ces transformations des outils de lecture du livre (erreurs de copie, citations mises hors de leur contexte, etc.) et trouver une grande quantité de telles citations, il faudrait alors consulter les nombreux ouvrages anciens des érudits, du Moyen Age surtout, qui sont dans leur grande majorité en latin. Il faudrait aussi exploiter d'autres pistes méthodologiques comme celle employée par P. Saenger et M. Heinlein qui regardent les ajouts manuscrits faits dans les incunables après impression typographique afin de mieux analyser les habitudes de lecture du XV^{ème} siècle (Saenger P., 1991).

Quelques unes de ces difficultés ont été entrevues lors de la consultation des fonds d'ouvrages anciens de la Bibliothèque Publique et Universitaire de Genève. Plus que la langue latine, c'est surtout le fait de retrouver une édition postérieure à l'édition originale, parfois de plus de cinquante ans, qui pose problème. Un livre donne de précieux renseignements sur les outils de lecture. Mais sur quelle époque? Celle de l'édition originale ou celle de l'édition consultée?

De plus il faudrait procéder à une étude sur de très nombreux ouvrages pour pouvoir retirer une impression d'ensemble des pratiques relatives aux outils de lecture de diverses époques. En effet chaque livre consulté, une dizaine datant de 1482 à 1662, donne une grande impression de singularité et il est très difficile de distinguer si certaines pratiques notées ou recherchées sont généralisées ou non à l'époque de telle ou telle édition.

Qui plus est, les ouvrages consultés sont indiqués par les historiens du livre comme exemplaires pour leurs outils de lecture et leurs structurations: ce sont ceux des précurseurs qu'étaient Barthélémy l'Anglais, Johan Alsted, Conrad Gesner, Pierre de la Ramée ou encore Vincent de Beauvais. Que conclure à

¹ Le premier texte imprimé daté avec certitude le fut par Gutenberg, Schoeffer et Fust en 1454.

partir de ceux-ci pour la production générale des livres plus communs des mêmes époques?

Des travaux de ce type n'ont pu être menés au cours de cette thèse de doctorat et c'est bien pourquoi, en particulier, les chapitres 5 à 7, qui ont été produits à partir des recherches effectuées, ne font qu'esquisser une histoire des outils de lecture du livre.

1.1.2 Recherche d'une iconographie sur l'histoire du livre

Il paraît absolument essentiel d'illustrer abondamment cette partie épistémologique. En effet, les outils étudiés ont une dimension graphique qui ne peut être dissociée de leurs aspects cognitifs (Platteaux H., 1998). Il faut donc que les chapitres relatifs à l'histoire des outils de lecture du livre comportent des illustrations pour pouvoir montrer les côtés visuels de cette organisation et ses évolutions.

Ceci est fait pour éviter un piège que l'on trouve par exemple dans un ouvrage de F. Machlup (Machlup F., 1982): il décrit les classements et les différentes taxonomies construites par les anciens encyclopédistes sans jamais en donner une quelconque reproduction! Machlup fait bien comprendre dans ce livre que, plus que les termes trouvés pour délimiter un savoir, c'est le besoin et la recherche d'une organisation qui est particulièrement intéressante dans le travail des encyclopédistes. Mais pourquoi alors ne pas se pencher sur les façons dont ces anciens chercheurs ont essayé de montrer le plus clairement possible l'organisation à laquelle ils étaient parvenus? A peine esquisse-t-on l'idée que Raymond Lulle avait avec son *Arbor Scientiae*. Aucune liste, aucun tableau ou aucune autre façon "d'écrire" ces classements et de mettre en évidence les correspondances apparues entre les données ne sont mentionnés.

Et Machlup, tout en parlant de vision synthétique, remplit des pages entières en décortiquant de multiples schémas organisateurs de savoirs et en transcrivant des listes de subdivisions de disciplines. Voilà qui est bien curieux pour ce livre dont le titre même évoque une représentation graphique: "*les branches de la connaissance*". Il semble donc qu'on peut parler d'un problème tant méthodologique que didactique pour cet ouvrage, au demeurant fort instructif. A ce point de vue, un autre ouvrage de R. Darnton semble préférable. Le chapitre V évoque l'arbre de la connaissance et ce mode de classification est illustré par une représentation graphique des deux arbres de Bacon et de celui de Chambers (Darnton R., 1984).

L'iconographie a été recherchée sur les outils de lecture du livre dans les ouvrages des historiens du livre, dans les ouvrages anciens consultés et dans les sites Internet qui évoquent ces aspects épistémologiques.

Sur Internet, le moteur de recherche Altavista et des compositions booléennes de mots-clé ont amené à des listes de sites dans lesquels des images pouvant

servir à illustrer nos propos ont été trouvées:

1. (history of) NEAR encyclopaedia
2. encyclopedism OR encyclopédisme
3. (encyclo* NEAR ((16th century) OR (15th century) OR (17th century)))
4. galileo AND imprimatur
5. index of forbidden books

Il n'a pas toujours été possible d'illustrer les idées principales du texte avec une iconographie de la période à laquelle il se réfère. Dans ce cas, l'option prise est d'utiliser une iconographie relative à l'enseignement et à l'encyclopédie qui ont beaucoup participé à la structuration du livre. Parfois, des illustrations ont volontairement été choisies d'une époque postérieure à celle du texte pour montrer combien certaines idées ont persisté.

- L'évolution des outils de lecture du livre est reconstituée au travers des écrits des historiens du livre. Les passages traitant de ces outils est rassemblée, et plus particulièrement ceux sur les tables des matières et les index, sur une période allant du IV^{ème} au XVIII^{ème} siècle.
- Ne pas pouvoir connaître exactement les contenus et les formats des livres d'une époque ainsi que la compréhension qu'en avaient les intellectuels contemporains constitue une limite forte d'une telle étude.
- La dimension graphique des outils de lecture ne peut être dissociée de leurs aspects cognitifs. Il faut donc trouver des illustrations permettant de montrer l'évolution visuelle de ces outils.

1.2 Traitement des informations sur l'histoire du livre

Le traitement des informations, trouvées à ces diverses sources et suivi pour écrire la Partie 2, est alors relativement simple. Dans un premier temps, les extraits trouvés dans les ouvrages des historiens du livre sont organisés chronologiquement (par rapport à la période qu'ils évoquent) et par thèmes (ceux relatifs aux questions précises utilisées pour trouver ces extraits). Ceci constitue un tableau de 80 pages environ.

Une vision globale de l'évolution des outils de lecture du livre émerge alors et permet de définir trois périodes:

1. les outils du livre naissent: de l'Antiquité au XII^{ème} siècle (cf. Chapitre 5);
2. les outils du livre se développent: du XIII^{ème} siècle au XV^{ème} siècle (cf. Chapitre 6);
3. les outils du livre se généralisent: du XVI^{ème} siècle au XVIII^{ème} siècle (cf. Chapitre 7).

Pour chacune de ces trois périodes, un tableau synthétique a été composé à partir du long tableau global précédent. Ces trois tableaux synthétiques sont utilisés de deux façons. D'une part, ils aident à écrire les trois chapitres de cette partie épistémologique en étant une sorte de fil conducteur. D'autre part, ils constituent un résumé de ces chapitres et y sont donc insérés pour pouvoir

jouer ce rôle auprès du lecteur. Après cette première phase d'écriture, il va de soi que ces trois chapitres sont confiés à des historiens afin qu'ils les éclairent de leurs avis et permettent d'évoluer vers une version finale de ce texte.

Précisons d'ailleurs les limitations de contenus fixées à cette phase d'écriture. En premier lieu, une partie du travail de l'historien consiste certainement à imaginer ce que l'on ne peut trouver au travers des faits connus ou découverts dans des documents. Des données ont été récoltées. Le point de vue développé étant celui d'un pédagogue et non d'un historien, l'analyse proposée est didactique et non historique. Les lieux obscurs n'ont donc pas été imaginés et les lieux éclairés peuvent en paraître épars.

De plus cette étude considère seulement les outils de lecture du livre imprimé, et en particulier surtout la pagination, la table des matières et l'index² comme cela a déjà été précisé. Autrement dit, l'histoire des représentations graphiques de savoir (les cartes conceptuelles, les tableaux à double entrée, les aides visuelles, etc.) n'est pas envisagée. Ainsi la différence existant entre ces deux notions est clairement établie:

1. les outils de lecture du livre (et les outils de navigation de l'hypermédia) permettent au lecteur (à l'utilisateur) de naviguer tout à la fois dans la structure conceptuelle et matérielle du livre (de l'hypermédia);
2. les représentations graphiques de savoir montrent une vision synthétique d'un domaine de savoir; elles peuvent jouer le rôle d'outil de navigation, surtout dans le cas de l'hypermédia, mais ce n'est pas le cas général.

Cette différence est précisée à cause du rôle central que joue une représentation de connaissance, la carte conceptuelle, dans la problématique globale de cette thèse de doctorat. C'est dans le Chapitre 1 que sont donnés des éléments sur l'histoire des représentations graphiques de savoir.

2. OUTILS DE NAVIGATION DU CD-ROM ACTUEL

2.1 Source d'informations sur les outils du CD-ROM

L'analyse des outils de navigation présents aujourd'hui dans les CD-ROMs de culture scientifique est faite à partir des titres eux-mêmes trouvés dans des magasins spécialisés en informatique. Il faut considérer un nombre assez grand de CD-ROMs pour pouvoir donner une réelle esquisse panoramique des outils proposés au public et 44 titres sont ainsi étudiés.

² Nous considérons en particulier la table des matières et l'index. La pagination, et d'autres outils de lecture du livre comme la page de titre et la séparation des mots, ne sont en général entrevus qu'au travers des apports qu'ils ont amené à ces deux outils de lecture.

Pour ne pas biaiser cette étude des outils de navigation en ne considérant que des modes particuliers de classement et de présentation d'information, il faut aussi diversifier la nature de ces titres. Ils sont donc choisis en incluant:

1. différents publics visés;
2. différents sujets scientifiques de diverses natures:
 - sujets scientifiques: sciences exactes, sciences humaines,
 - natures des titres: sujet scientifique particulier, portrait de scientifique, encyclopédies et dictionnaires, etc.;
3. différentes versions linguistiques;
4. différents supports matériels.

Si, par exemple, seuls des dictionnaires et/ou des encyclopédies hypermédias étaient choisis, on devrait s'attendre à trouver beaucoup plus d'outils de recherche, basés sur une structure arbitraire, car la structure globale de ces titres est alphabétique. Au contraire, dans les titres visant à faire découvrir un thème scientifique particulier, on peut s'attendre à ce que les outils d'accès soient privilégiés car une telle présentation conceptuelle s'organise généralement bien selon une structure raisonnée.

De plus, les applications multimédias de culture scientifique correspondant, par exemple, à des utilisations en environnement muséologique ne sont pas considérées ici du fait, en particulier, qu'elles s'insèrent dans un dispositif d'exposition et que, conséquemment, l'étude de leurs outils de navigation doit être effectuée en tenant compte des interrelations informatives existant entre l'application multimédia, les autres éléments médiatiques formant l'exposition et les activités proposées aux visiteurs.

La liste des titres étudiés et une classification de ces titres selon les quatre catégories précisées ci-dessus (public visé, thème abordé, version linguistique, support matériel) sont données dans l'Annexe 4.1.

2.2 Traitement des informations récoltées dans les CD-ROMs étudiés

L'analyse appliquée aux CD-ROMs étudiés a pour but d'établir une vue panoramique des outils de navigation proposés aujourd'hui au public dans de tels produits culturels. Cette vue panoramique permet de définir une typologie de ces outils et est obtenue au moyen de deux types d'analyse:

1. une classification des outils de navigation;
2. une étude de cas.

La classification est basée sur les aspects fonctionnels des outils de navigation trouvés (cf. Chapitre 1) parmi lesquels deux outils principaux sont distingués en premier lieu: les outils d'accès et les outils de recherche (Baldwin C., 1988).

Une grille de lecture est élaborée. Elle décrit pour chaque CD-ROM, numéroté de 1 à 44 pour des raisons de commodité, les principaux écrans de ces deux outils de navigation en proposant des copies de ces écrans (cf. Annexe 8.1). Il faut aussi considérer les façons dont les utilisateurs sont amenés vers les

écrans des outils de navigation dans un produit hypermédia ainsi que les aides que les utilisateurs peuvent trouver dans de tels produits à propos de ces outils. Cette grille inclut donc deux autres outils:

1. les écrans d'accueil: c'est l'écran à partir duquel l'utilisateur commence à interagir avec le CD-ROM;
2. les outils d'aide: ils explicitent les outils de navigation pour les utilisateurs.

Cette première grille de lecture offre une description des quatre outils mentionnés ci-dessus (outil d'accès, outil de recherche, écran d'accueil, outil d'aide) qui donne tout à la fois des informations sur la fonction des outils que sur leur format de présentation. Dans l'écran correspondant à un outil, on trouve également les informations, que l'on peut retirer de cet écran, sur les trois autres outils considérés. Parfois ces quatre outils n'existent pas tous. Le choix fait est alors de montrer comment l'utilisateur peut accéder aux écrans des outils considérés à partir de l'écran d'un document type du CD-ROM.

C'est la question des liens hypertextes entre les documents et les outils. Il est en effet important de regarder les indications données à l'utilisateur:

1. dans les outils de lecture pour accéder aux documents (lien outil de lecture vers document);
2. dans les documents pour accéder à un outil de lecture (lien document vers outil de lecture).

Dans les descriptions des écrans, seuls les liens entre les outils de navigation et les documents - dans un sens ou dans l'autre - sont considérés³. Ces liens apparaissant pour la plupart sous la forme d'icônes, différents travaux sur ce sujet ont été utilisés (Peraya D., 1998a; Peraya D., 1995; Groupe μ , 1992; Shneiderman B., 1992; Baticle Y., 1985).

De plus il faut aussi considérer les informations données à l'utilisateur dans les outils, et dans les documents, pour identifier leur nature et/ou pour percevoir la position où il est dans la structure des documents. Ces informations sont données au travers des indices d'orientation (Bernstein M., 1988).

Un tableau analytique est constitué à partir de l'ensemble des informations récoltées avec la grille de lecture (cf. Annexe 8.2). Il rassemble pour chacun des quatre outils considérés les informations qui peuvent être disséminées dans plusieurs des écrans (cf. Figure 1). De plus, comme la grille de lecture ne décrit en général qu'un outil d'accès et/ou de recherche, le tableau analytique précise le nombre des outils proposés à l'utilisateur dans le CD-ROM ainsi que le nombre de niveaux de choix sur lequel il repose.

³ Même si ils sont visibles dans les écrans décrits, les multiples autres liens hypertextes possibles ne sont pas considérés ici, par exemple un lien entre deux documents qui ne fait pas passer l'utilisateur par un outil de lecture, un lien vers un outil de configuration.

No.	Ecran d'accueil	Outil d'accès	Outil de recherche	Outil d'aide
12	- fonction(s) - format de présent. - lien vers outil - indice d'orientation	- structure, nombre d'outils, de niveaux - format de présent. - lien vers outil - indice d'orientation	- critères de recher., nombre de niveaux - format de présent. - lien vers outil - indice d'orientation	- type d'aide - format de présent. - lien vers outil - indice d'orientation

Figure 1: Tableau analytique des outils de navigation du CD-ROM

Au fur et à mesure de l'analyse des CD-ROMs, la grille de lecture et le tableau analytique sont améliorés en homogénéisant les informations récoltées et le vocabulaire employé pour la classification. C'est à partir de ces deux grilles que la typologie recherchée est établie. Elle montre l'intégralité des différentes fonctions et des différents formats de présentation trouvés au travers des outils analysés. C'est à partir du tableau analytique que l'analyse à proprement parler est effectuée (proportion des types d'outils et de formats de présentation, exemple typique, etc.).

L'étude de cas est un regard critique sur les outils analysés. Elle cherche les particularités et les généralités qui se dégagent de l'ensemble des CD-ROMs étudiés pour les quatre outils considérés en ce qui concerne:

1. la clarté de leur fonction;
2. les choix faits pour leur format de présentation;
3. les apports/défauts du support électronique.

- C'est à partir d'un choix de CD-ROMs actuels de culture scientifique qu'est faite l'analyse des outils de navigation.
- Le but de cette analyse est d'établir une typologie de ces outils qui sont définis au nombre de quatre: outil d'accès, outil de recherche, écran d'accueil, outil d'aide.
- Une grille de lecture descriptive des outils de navigation rencontrés permet le démarrage de l'analyse. Elle décrit les principaux écrans correspondant aux outils de navigation. Ces écrans peuvent contenir des informations sur plusieurs outils de navigation.
- Un tableau analytique condense les informations récoltées sur chacun des quatre outils de navigation de chaque CD-ROM étudié et assemblées dans la grille de lecture. Ce tableau permet de définir la typologie recherchée qui prend en compte la fonction des outils et leur format de présentation.

3. VUE GLOBALE DU CD-ROM: TABLE DES MATIERES OU CARTE?

3.1 Quelle méthodologie adopter?

3.1.1 Intégrer l'évaluation et utiliser plusieurs outils d'investigation

La littérature spécialisée, sur les problèmes d'évaluation en pédagogie, qui l'envisage tant d'un point de vue général que plus spécifiquement par rapport aux hypermédias éducatifs, permet de mettre en évidence des paramètres importants à tenir en compte pour la définition de notre processus d'évaluation.

L'évaluation formative (Scriven M., 1967), considérée par Scriven pour le contexte scolaire, semble opportune pour construire la méthode globale d'évaluation. La didactique des sciences a d'ailleurs mis en évidence plus récemment la nécessité de l'évaluation en tant que système d'objectivation et de régulation d'un processus culturel ou éducatif (Giordan A., 1987).

L'évaluation est donc structurée en deux étapes; la première nourrissant la seconde. La première étape est celle de l'expérience exploratoire de Saint-Quentin (cf. Chapitres 2 et 3). Elle permet de procéder à des observations globales et d'affiner la méthode expérimentale servant à recueillir des données plus détaillées. Celles-ci doivent servir à identifier des ajustements à effectuer pour transformer, en allant vers le mieux, les tables des matières dans les CD-ROMs de culture scientifique.

On veille ainsi à ce que l'évaluation soit bien intégrée à l'ensemble du projet didactique pour que les données collectées soient utilisables. Ce faisant, on évite aussi de faire de l'évaluation "un quelque chose en soi, une sorte d'entité isolée qui trouve sa raison d'être et sa justification dans la possibilité qu'on lui prête de s'appliquer à n'importe quoi et à n'importe qui" (Dokic M., 1989, p. 223).

De plus, il n'y a assurément pas une méthode unique valable pour évaluer. En particulier, il ne faut pas se restreindre à la seule appréciation d'un expert, établie sur des critères plus ou moins explicites qui rendent imprécise la définition du cadre de l'évaluation. Au contraire, il vaut mieux procéder à une "évaluation *in situ*, la seule valable pour juger des impacts réels sur les publics, (...) qui repose sur une série d'investigations précises, s'appuie sur l'utilisation de grilles d'analyse et est donc réalisée au travers d'une procédure spécifique" (Giordan A., 1993, p. 105).

Il faut vérifier si la carte conceptuelle remplit efficacement le rôle de table des matières dans un CD-ROM de culture scientifique. Pour ce faire, une carte conceptuelle jouant le rôle de table des matières et une table des matières plus classique doivent être comparées, en particulier sur les façons dont elles influent sur la perception qu'ont les utilisateurs d'un tel CD-ROM et l'emploi qu'ils en font.

Cette comparaison ne peut reposer sur un seul outil d'évaluation. Les spécialistes de l'évaluation pédagogique le disent bien: il est nécessaire d'utiliser diverses procédures (Allal L., 1989). Ceux qui ont mené de larges évaluations sur des applications hypermédias mettent aussi en avant cette remarque. Diverses évaluations doivent être menées pour pouvoir apporter des résultats probants (Kulik J., 1994). Elles sont définies par différentes catégories globales: évaluation analytique, d'expert, par observation, par enquête, expérimentale (Benyon D., 1990). De nombreux outils d'évaluation (entrevues, observations directes, fichiers de navigation, questionnaires) doivent être mis en place (Neuman D., 1995) pour amener des données techniques parmi lesquelles il faut distinguer celles sur le projet et celles sur les produits du projet (Ormala E., 1995).

3.1.2 Philosophie générale de l'expérimentation

L'activité des utilisateurs avec le CD-ROM servant à l'expérimentation doit jouer un rôle central dans l'évaluation des différences entre les deux types de tables des matières. Cette activité permet de comparer l'utilisation des deux types de tables des matières car ce sont des outils qui ne peuvent être évalués sans que l'on observe comment quelqu'un s'en sert. Le principal type de questions du processus d'évaluation à élaborer doit donc porter sur les caractéristiques de la séquence d'interaction avec le CD-ROM plutôt que sur la quantité d'effets qu'a cette séquence (Draper S., 1994, p. 36).

De plus, les produits hypermédias sur CD-ROM sont très souvent conçus pour mettre en avant une activité de leur utilisateur, notamment pour les adapter à l'une des conceptions globales du public à leur rencontre: "l'utilisateur de produits multimédias en attend une très grande valeur d'usage" (Touchard J.-B., 1993, p. 86). D'autres auteurs précisent d'ailleurs cette attente du public: "l'utilisateur, en fonction de sa personnalité et de ses besoins, exploite le titre comme un loisir et/ou comme un support cognitif et/ou comme un outil de travail" (Pognant P., 1996, p. 21). C'est un autre argument justifiant l'importance du rôle de l'activité de l'utilisateur dans le processus d'évaluation.

La session globale d'évaluation doit alors être définie pour placer les utilisateurs en situation d'activité et valoriser cette activité à leurs yeux. Elle peut être structurée globalement en trois phases successives:

1. phase de motivation: on motive l'utilisateur à interagir avec le CD-ROM en lui donnant une activité intéressante à effectuer et en lui faisant utiliser les riches moyens de communication qui lui permettent de développer ses réseaux personnels d'aide (McCormack A. E., 1994, p. 102) et (Mayes T. 1994, p. 98);
2. phase d'activité: on place l'utilisateur en situation d'activité lors de sa navigation dans le CD-ROM en lui faisant recueillir toutes les informations

qui lui permettent de répondre à une question conçue comme transversale⁴ par rapport aux contenus du CD-ROM (Jacobson M. J., 1995, p. 334);

3. phase de feed-back: la phase d'activité doit être conclue en apportant à l'utilisateur un feed-back global et rapide (Irving A., 1994)

La phase d'activité durant laquelle l'utilisateur se sert de l'outil de navigation à disposition va engendrer des savoirs sur cet outil, en particulier sur les modèles mentaux relatifs à leur utilisation. En effet durant cette phase l'utilisateur est incité à naviguer dans l'ensemble du CD-ROM et à interagir avec l'ensemble de ses différents outils possibles:

1. outils de navigation: table des matières, index, etc.
2. documents de contenus: textes, séquences vidéos, images fixes, etc.
3. outil de communication: courrier électronique, Forum interactif, etc.
4. feed-back implémenté: quizz, jeux, etc.

De plus l'approche constructiviste révèle que l'acquisition des schèmes se fait principalement au travers de l'activité de l'apprenant: "l'activité nourrit les structures (les structures cognitives) qui guident l'activité" (Gruber H., 1995, p. 691). Cette phase d'activité peut donc aussi être exploitée en recueillant les savoirs construits par l'utilisateur et relatifs à l'outil de navigation étudié. La phase de feed-back sert donc aussi bien à apporter des éléments à l'utilisateur qu'à recueillir des informations acquises au cours de la phase d'activité.

- Pour mesurer l'efficacité de la carte conceptuelle comme table des matières d'un CD-ROM de science, une évaluation formative a été mise en place. Elle est structurée en deux étapes (recherches exploratoire et détaillée) et est basée sur l'utilisation de divers outils d'évaluation: entrevues, observations directes, fichiers de navigation, questionnaires.
- La session globale d'évaluation est définie pour placer les utilisateurs en situation d'activité. Elle est organisée globalement en trois phases successives: phase de motivation, phase d'activité et phase de feed-back.

3.2 L'expérience de navigation mise en place

3.2.1 Le CD-ROM *Génome Humain* servant à l'expérience

Pour procéder à une comparaison de l'utilisation, par un échantillon de public test, de deux types de tables des matières dans un CD-ROM de culture scientifique, il faut pouvoir effectuer un double test:

1. CD-ROM avec table des matières,
2. CD-ROM avec carte conceptuelle jouant le rôle de table des matières,

⁴ L'expression "question transversale" signifie qu'il n'existe pas de réponse toute faite à la question dans un document précis du CD-ROM. Ce sont différents documents du CD-ROM, localisés à différents "endroits" de la structure conceptuelle du CD-ROM, qui contiennent des éléments de réponse.

sans qu'autre chose que l'outil de navigation soit changé dans le CD-ROM entre les deux tests. Cette contrainte élimine d'emblée les produits commerciaux grand public pour lesquels, et pour cause, on ne peut disposer des codes sources permettant de programmer la deuxième version nécessaire.

Deux autres contraintes s'imposent également pour que le cadre de référence expérimental soit précis. En premier lieu, il faut que les documents de contenu et la carte conceptuelle soient construits de telle façon que celle-ci puisse jouer le rôle d'une table des matières et qu'elle corresponde aux règles de construction de Novak (cf. Chapitre 1). Une autre contrainte en découle: il faut pouvoir contrôler le développement du produit hypermédia servant à l'expérimentation.

Le CD-ROM ad hoc sélectionné est celui développé dans le cadre du projet européen Pollen qui procède à une étude de la carte conceptuelle interactive (cf. Chapitre 1). Le prototype propose une vulgarisation d'un sujet scientifique relatif à la biologie moléculaire: le génome humain⁵.

La structure hypertexte globale de ce CD-ROM prototype consiste en trois couches principales⁶:

1. l'écran d'accueil sert d'interface centrale et est composé:
 - de l'outil de navigation: une carte conceptuelle (CM)⁷ ou une table des matières (TdM) donnant accès aux documents multimédias (couche off-line),
 - d'icônes d'activation donnant accès aux fonctions télématiques (couche on-line) et aux autres documents de la couche off-line;
2. la couche off-line: est un ensemble de documents multimédias:
 - accessibles par l'outil de navigation: documents de niveau 1 et de niveau 2 (Doc1 et Doc2),
 - accessibles par des icônes d'activation: le Glossaire (Glo), la Visite Guidée (Tour);
3. la couche on-line est un ensemble de fonctions interactives accessibles par des icônes d'activation: le Forum électronique (Forum), des sites Internet présélectionnés (Web), la discussion avec l'éditeur (Editeur).

L'outil de navigation de l'écran d'accueil permet l'accès aux documents multimédias donnant des explications détaillées sur les différentes parties du sujet scientifique. Suivant la version du prototype, l'outil de navigation revêt la forme d'une carte conceptuelle (cf. Figure 2) ou d'une table des matières classique (cf. Annexe 4.3). En étant des zones actives, ces différentes entrées

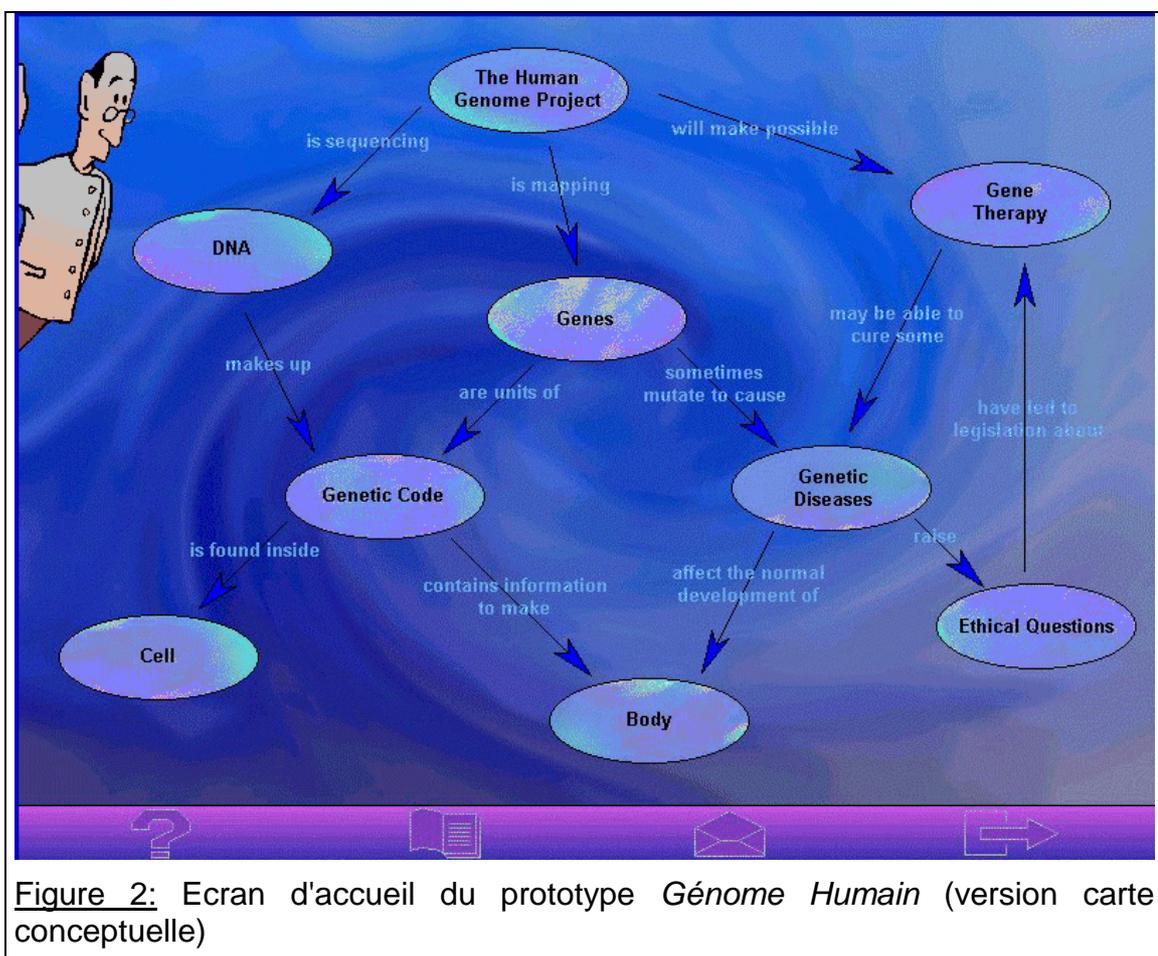
⁵ Ce sujet scientifique a été choisi en particulier du fait de son actualité.

⁶ Un schéma de cette structure est donné dans l'Annexe 4.2.

⁷ Nous donnons entre parenthèses les abréviations de ces différents outils et documents.

de l'outil de navigation permettent l'accès à différents documents multimédias (Doc1 et Doc2) de la couche off-line.

Les documents Doc1 traitent des différents sujets dont les titres apparaissent comme entrées de l'outil de navigation et donnent accès aux documents Doc2 pour que l'utilisateur puisse approfondir ces sujets à son gré. Ces sujets abordent les aspects scientifique, médical et éthique du génome humain⁸. La longueur d'un document, Doc1 ou Doc2, est variable. Elle peut être de une à six écrans successifs que l'utilisateur peut enchaîner, dans un sens ou dans l'autre au moyen de deux icônes d'activation, deux flèches, situées en bas de l'écran.



D'autres documents de la couche off-line traitent aussi de ces sujets et sont aussi accessibles à partir de l'écran d'accueil par des icônes d'activation ne faisant pas partie de l'outil de navigation. Ce sont le Glossaire (Glo) et la Visite

⁸ Le Chapitre 3 traite de la façon dont l'ensemble des contenus a été structuré de cette façon et, en particulier, de la genèse de ces trois aspects que l'auteur a appelé des clusters.

Guidée (Tour). Eux aussi traitent des trois aspects cités ci-dessus.

L'ensemble des définitions données pour les items du Glossaire sont directement accessibles par une icône d'activation de l'écran d'accueil qui renvoie à une liste alphabétique des items. Chaque entrée de la liste est active et permet d'accéder à un article du Glossaire. Ces articles sont d'une longueur variable qui peut aller de 5 à 30 lignes de 40 caractères environ. Les documents Doc1 et Doc2 donnent aussi accès aux items du Glossaire par des mots-clé actifs dans leurs textes. L'utilisateur ouvre alors le Glossaire en commençant par le mot-clé choisi et peut ensuite continuer à explorer le Glossaire pour revenir ensuite au document initial.

L'activation de l'icône correspondant à la Visite Guidée amène l'utilisateur à un écran dans lequel il peut choisir entre six chapitres d'une durée totale de 20 minutes environ. A la fin de chacun d'entre eux, il est ramené à cet écran qui lui suggère, dès le début de cette Visite Guidée, un ordre dans lequel voir les six chapitres.

L'ensemble du prototype contient au total 93 documents (Doc1, Doc2, Tour ou Glo). En regard de leur contenu, ils peuvent être répartis en trois listes (cf. Annexe 4.4), une pour chaque aspect cité:

1. la liste scientifique contient 63 documents;
2. la liste médicale contient 43 documents;
3. la liste éthique contient 10 documents.

Les trois listes ne sont d'ailleurs pas indépendantes et leurs intersections sont les suivantes (cf. Annexe 4.4):

1. intersection des trois listes: 2 documents;
2. intersection des listes scientifique et médicale: 14 documents;
3. intersection des listes scientifique et éthique: 2 documents;
4. interaction des listes médicale et éthique: 3 documents.

L'ensemble des documents de la couche off-line est destiné à une activité d'exploration conceptuelle sur le génome humain. La couche on-line cherche essentiellement, elle, à promouvoir une autre activité de l'utilisateur: l'échange de points de vue avec les autres utilisateurs se connectant au prototype. Tandis que ce prototype a été qualifié de CD-ROM pour simplifier, il s'agit en fait d'un produit hybride alliant des fonctions hors réseau et des fonctions reliées à l'usage du réseau⁹.

La couche on-line consiste en effet en un Forum basé sur un serveur du réseau. Les utilisateurs peuvent y accéder pour aller voir les interventions des

⁹ Le prototype peut d'ailleurs être utilisé comme un CD-ROM n'offrant pas de fonctions reliées au réseau (en dehors des sites Web présélectionnés).

autres utilisateurs précédents ou pour intervenir eux-mêmes relativement à trois questions, une pour chacun des aspects cités¹⁰:

1. question scientifique: Comment expliquer que le programme génétique d'un homme et celui d'une souris soient si semblables alors que ces deux espèces sont si différentes dans leur apparence?
2. question médicale: Les maladies génétiques se transmettent des parents aux enfants. Que se passe-t-il lorsqu'un seul des parents est atteint d'une maladie génétique et pourquoi?
3. question éthique: Dans quelles circonstances et à quelles conditions pensez-vous qu'il soit acceptable de pratiquer le clonage humain?

Parmi les fonctions de la couche on-line, il y a aussi un accès à une liste de dix sites Web traitant du génome humain. Ils ont été sélectionnés pour donner des contenus complémentaires sur le sujet scientifique et des accès directs aux institutions et aux grands projets de recherche en cours sur le génome. Une autre fonction réseau est celle intitulée Editeur qui permet à l'utilisateur de joindre une personne de l'équipe d'évaluation du prototype afin de lui faire part, d'une façon plus confidentielle, de ses remarques et/ou de ses questions ne concernant pas les sujets de discussion du Forum.

3.2.2 Quatre conditions expérimentales

Pour comparer l'utilisation de la carte conceptuelle employée comme table des matières à celle d'une table des matières classique et la façon dont les utilisateurs parlent de ces deux versions d'outils de navigation du prototype, une expérience basée sur une série de quatre conditions expérimentales (cf. Figure 3) est mise au point. Etant centrée sur l'outil de navigation, elle utilise le prototype sans ses fonctions liées au réseau (sauf la couche Web).

Certains utilisateurs effectuent une session avec tâche: ils doivent rechercher, parmi les documents du prototype, les éléments d'information qu'ils jugent pertinents pour la réponse à la question médicale citée ci-dessus.

Les conditions expérimentales sont construites pour amener diverses possibilités de comparaison entre les deux versions de l'outil de navigation à partir des comportements des utilisateurs chargés d'effectuer la tâche. Les différentes possibilités de comparaison sont:

- Les sessions S1 des Conditions 1 et 2 permettent de comparer l'utilisation des deux versions de l'outil de navigation lors d'une navigation libre.
- Les sessions S2 des Conditions 1 et 2 et les sessions uniques des Conditions 3 et 4 permettent de comparer l'utilisation des deux versions de l'outil de navigation lors d'une navigation dirigée.
- La session S2 de la Condition 1 et la session unique de la Condition 3

¹⁰ Nous revenons ultérieurement de façon plus détaillée sur le rôle de ces trois questions dans le processus d'évaluation.

(respectivement la session S2 de la Condition 2 et la session unique de la Condition 4) permettent de comparer l'impact d'une session initiale de navigation libre sur l'utilisation de la table des matières (respectivement de la carte conceptuelle) lors d'une navigation dirigée. La comparaison de ces deux résultats permet alors de comparer les deux outils de navigation, au niveau de cet impact.

Les utilisateurs des Conditions 3 et 4 n'effectuent pas de session de navigation libre au cours de laquelle ils explorent le logiciel préalablement à l'accomplissement de la tâche fixée. Cette exploration préalable est remplacée par une présentation courte du logiciel, d'environ cinq minutes, au cours de laquelle toutes ses fonctions sont montrées à l'utilisateur. Celui-ci peut alors poser quelques questions puis il commence sa session avec tâche.

Condition	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
Test visé	utilisation de la carte conceptuelle comme outil de navigation	utilisation de la table des matières comme outil de navigation	utilisation de la carte conceptuelle comme outil de navigation	utilisation de la table des matières comme outil de navigation
Version du prototype	carte conceptuelle	table des matières	carte conceptuelle	table des matières
Public	7 utilisateurs (appelés U1, U2, ..., U7)	7 utilisateurs (appelés U8, U9, ..., U14)	8 utilisateurs (appelés CM1, CM2, etc.)	8 utilisateurs (appelés TdM1, TdM2, etc.)
Sessions	deux sessions limitées à une heure maximum et effectuées à 1 heure d'intervalle <ul style="list-style-type: none"> • S1: navigation libre • S2: navigation avec tâche 	deux sessions limitées à une heure maximum et effectuées à 1 heure d'intervalle <ul style="list-style-type: none"> • S1: navigation libre • S2: navigation avec tâche 	une session limitée à une heure maximum avec tâche	une session limitée à une heure maximum avec tâche

Figure 3: Quatre conditions expérimentales pour comparer la carte conceptuelle et la table des matières classique

Les critères de comparaison permettant d'établir l'efficacité des outils de navigation sont basés sur les mesures effectuées durant les sessions des quatre conditions expérimentales¹¹, c'est-à-dire:

1. les types d'activités et de navigation,
2. les types de contenus explorés,
3. les éléments de réponse trouvés à la question médicale,
4. les propos que les utilisateurs tiennent en parlant des outils de navigation.

¹¹ Ces mesures sont explicitées dans la section 3.3.

En ce qui concerne les Conditions 1 et 2, ce sont en particulier les résultats des mesures des sessions 2 qui sont utilisés dans ces comparaisons. Notons cependant que l'ensemble de leurs sessions sont aussi utilisées pour déterminer les différences caractéristiques d'une session de navigation libre et d'une session avec tâche.

3.2.3 Processus d'évaluation de l'expérience de navigation

Sur la base des considérations développées dans la section 3.1, le processus d'évaluation est construit. La Figure 4 décrit succinctement les phases successives mises en place pour l'analyse de la navigation des utilisateurs dans le CD-ROM *Génome Humain*.

Phases d'évaluation	Outils d'investigation utilisés	Données recherchées
Entretien initial (motivation)	<ul style="list-style-type: none"> • fil conducteur de l'entretien sous forme d'un questionnaire ouvert • grilles d'analyse du questionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> • niveau de familiarité des utilisateurs avec l'environnement Windows et le CD-ROM • niveau de connaissance des utilisateurs en biologie moléculaire et plus précisément sur le génome humain
Sessions interactives (activité)	<ul style="list-style-type: none"> • fichiers de navigation • programmes Visual Basic de traitement des fichiers de navigation • ressources graphiques du tableur Excel • grilles d'analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • types d'activités de l'utilisateur (documents et outils utilisés) • types de navigation de l'utilisateur (séquences de documents et d'outils) • types de contenus explorés (clusters scientifique, médical ou éthique) • éléments de réponse trouvés à la question médicale
Entretien final (feed-back)	<ul style="list-style-type: none"> • fil conducteur de l'entretien sous forme d'un questionnaire ouvert • grilles d'analyse du questionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> • compréhension de l'outil de navigation par les utilisateurs • modèles mentaux mis en œuvre par les utilisateurs lors de l'emploi du prototype • connaissances générales des utilisateurs sur les outils de navigation

Figure 4: Phases d'évaluation de l'expérience de navigation

Tous les utilisateurs suivent les trois phases du processus d'évaluation (cf. Figure 4) qui correspondent aux phases de motivation, d'activité et de feed-back définies antérieurement (cf. section 3.1.2). La première phase du processus (30 à 45 minutes) vise essentiellement à vérifier que chaque volontaire de l'expérience fait bien partie du public visé. Si un volontaire est retenu comme utilisateur, il emploie le CD-ROM *Génome Humain* durant la(les) session(s) interactives selon les directives spécifiques de la condition expérimentale à laquelle il participe (60 minutes au maximum). La troisième phase commence alors pour que l'utilisateur s'exprime à propos des outils de navigation (30 à 60 minutes).

Comme le suggère la Figure 4, des méthodes d'analyse qualitatives et

quantitatives sont employées. Les phases des entretiens initial et final sont plutôt d'ordre qualitatif tandis que la phase des sessions interactives utilise les deux:

- analyse qualitative: aux niveaux de l'observation que les fichiers de navigation reflètent et de l'analyse des éléments de réponse trouvés par les utilisateurs dans le logiciel;
- analyse quantitative: au niveau des données chiffrées constituant la base des mesures effectuées sur les sessions interactives à partir des fichiers de navigation.

Un mode d'analyse qualitative est suivi dans la mesure où certaines des données concernées "sont faites de mots et non de chiffres" (Huberman A. M., 1991, p. 34). Il l'est également parce que cette approche est considérée comme complémentaire d'une analyse quantitative dans la mesure où l'analyse qualitative montre "un intérêt central pour la signification donnée par les acteurs aux actions dans lesquelles ils sont engagés" (Lessard-Hébert M., 1997, p. 22). Les trois activités de ce type d'analyse sont effectuées: condensation des données, présentation des données, élaboration et vérification des conclusions. La masse des données générées par l'analyse qualitative limite l'évaluation: elle rend difficile de travailler avec de grands échantillons de population (Huberman A. M., 1991; Walker R., 1985).

- L'expérience de navigation est faite avec une prototype hypermédia développé dans le projet européen Pollen et structuré en trois couches: écran d'accueil, couche off line, couche on line.
- Quatre conditions expérimentales sont construites pour amener diverses possibilités de comparaison entre la carte conceptuelle et la table des matières classique: outil (l'un ou l'autre), session unique avec tâche ou deux sessions (une libre et la suivante avec tâche).
- Le processus d'évaluation est organisé en trois phases successives (entretien initial, sessions interactives, entretien final) qui regroupent tout à la fois des méthodes d'analyse qualitatives et quantitatives.

3.3 Traitement des données de l'expérience de navigation

3.3.1 Méthode d'évaluation des utilisateurs

Les critères d'évaluation permettant de déterminer si un volontaire pour nos expériences fait partie de notre public cible sont (cf. Chapitre 1):

1. il doit avoir un profil utilisateur de logiciels informatiques:
 - il doit se sentir familier avec la navigation dans un CD-ROM, c'est-à-dire savoir, avec une souris, manipuler plusieurs fenêtres ouvertes simultanément et se servir d'icônes d'activation;
 - il ne doit pas atteindre un niveau de spécialiste en informatique qui se révèle par une formation spécifique dans ce domaine ou l'implication dans des projets de développement logiciel;
2. il ne doit pas être un spécialiste sur le génome humain
 - trois questions sont utilisées pour évaluer son niveau de

- connaissance sur le génome humain (cf. Figure 5);
- il ne doit pas atteindre un niveau de spécialiste en biologie moléculaire qui se révèle notamment par une formation dans ce domaine.

Tous les volontaires de l'expérience sont testés dans ce but lors de l'entretien initial dont le fil conducteur est indiqué par un questionnaire (cf. Annexe 4.5) rempli au fur et à mesure de l'entretien qui se déroule oralement. Les volontaires sont bien sûr recrutés au départ parmi des personnes n'étant familières ni avec le CD-ROM testé ni avec nos opinions sur les outils de navigation (Gomoll K., 1990). L'analyse préliminaire des volontaires est faite en particulier pour éviter de procéder à une expérimentation avec des utilisateurs trop différents qui amènent des types de navigation également différents, non du fait de l'outil utilisé et/ou de la tâche à effectuer mais à cause de leur appartenance à l'une ou l'autre des catégories d'utilisateurs (Lawless K. A., 1998; Westerman S. J., 1995).

Durant l'entretien initial, des précisions sont apportées aux volontaires des expériences en ce qui concerne l'expérimentation afin de les rassurer et de bien leur préciser que ce ne sont pas eux qui sont testés mais bien le CD-ROM¹². Notons d'ailleurs que si certains scientifiques montrent que l'évaluation par ordinateur est meilleure car elle diminue le stress des volontaires (Pritchett N., 1996), des entretiens oraux ont été utilisés ici car ils permettent de noter les moments d'hésitation lors des réponses ou encore de poser une question subsidiaire qui s'avère utile pour éclairer les propos d'un volontaire.

La première partie de l'entretien est consacrée essentiellement à la formation du volontaire, dans ces grandes lignes, pour vérifier si il a suivi ou non des formations spécifiques à l'informatique et/ou à la biologie moléculaire.

L'évaluation s'attache ensuite au niveau de familiarité du volontaire avec un environnement de type Windows, comme indiqué plus haut. Les questions successives distinguent l'emploi de l'ordinateur au travail et à la maison. Elles sont centrées en particulier sur les logiciels qu'emploient le volontaire et la fréquence avec laquelle il le fait.

La discussion porte alors sur leurs connaissances en biologie. Trois questions ouvertes sont d'abord posées pour vérifier si un de leurs loisirs n'est pas la vulgarisation scientifique et en particulier le thème du génome humain. Ensuite on les fait répondre aux trois questions figurant dans le Forum du CD-ROM (cf. section 3.2.1). Une bonne appréciation peut être obtenue ainsi de leurs connaissances en relation directe avec les contenus du prototype testé et avec

¹² On ne leur précise pas ici que c'est en fait l'outil de navigation qui est testé afin qu'ils n'y prêtent pas une attention toute particulière qui pourrait avoir une influence sur leur navigation.

la tâche que ceux faisant une navigation avec tâche doivent effectuer.

Remarquons que la question éthique ne sert que de prétexte pour leur demander leur définition du clonage humain. C'est cette définition qui sert vraiment à l'évaluation.

NIV.	QUESTION 1	QUESTION 2	QUESTION 3
N1	<ul style="list-style-type: none"> caractéristiques d'identité: <ul style="list-style-type: none"> - animaux - mammifères - système nerveux central - circulation sanguine termes de biologie relatifs au code génétique (sans les relier les uns aux autres): <ul style="list-style-type: none"> - gènes - chromosomes - génétique - programme 	<ul style="list-style-type: none"> c'est une probabilité ça dépend du sexe <ul style="list-style-type: none"> - des parents - des enfants 	<ul style="list-style-type: none"> deux individus identiques définition de l'identité: <ul style="list-style-type: none"> - physique (inné) - culturel ou environnement (acquis) processus artificiel exemple des jumeaux
N2	<ul style="list-style-type: none"> organisation du matériel génétique: <ul style="list-style-type: none"> - gène dans chromosome - chromosome = macromolécule - désorganisation = gène ou chromosome anormal le matériel génétique donne des fonctions à la cellule 	<ul style="list-style-type: none"> la maladie peut être transmise sans être révélée ça dépend du caractère récessif/dominant du gène ça dépend de la maladie <ul style="list-style-type: none"> - 1 gène / 2 gènes 	<ul style="list-style-type: none"> identité = génétique seulement prendre le matériel génétique des jumeaux ont le même matériel génétique
N3	<ul style="list-style-type: none"> les éléments constitutifs de l'ADN (les bases) sont les mêmes pour tous les êtres vivants schéma de la synthèse des protéines (= origine de la fonction des cellules) différence entre phénotype et génotype (apparence et message génétique) 	<ul style="list-style-type: none"> localisation du gène muté: <ul style="list-style-type: none"> - chromosome sexuel - chromosome non sexuel maladie génétique = mutation d'un gène 	<ul style="list-style-type: none"> prendre le matériel génétique de quelle cellule?

Figure 5: Grille d'évaluation des utilisateurs sur leurs connaissances en biologie

En ce qui concerne l'analyse des réponses données, on n'a pas cherché à établir de réponse type à ces trois questions mais à collecter pour chacune d'elle les éléments de réponse qui constitueraient une réponse complète. Ce travail a été effectué avec un biologiste ayant travaillé au projet Pollen et a amené à la constitution d'une grille de réponse (cf. Figure 5) dans laquelle ces éléments de réponse ont été classés en trois niveaux de compréhension:

- niveau 1: candide;
- niveau 2: élaboré;
- niveau 3: spécialiste.

Cette grille sert à déterminer le niveau général des volontaires en biologie, et plus spécifiquement par rapport au sujet scientifique traité dans le prototype

Génome Humain. En effectuant l'analyse des réponses données, on note les utilisateurs en leur attribuant:

1. un point si ils donnent un élément de réponse du niveau candidat;
2. deux points si ils donnent un élément de réponse du niveau élaboré;
3. trois points si ils donnent un élément de réponse du niveau spécialiste.

Le total de ces points permet ainsi de cerner le niveau des volontaires sur le sujet du génome humain, tel qu'il est abordé dans le prototype. Eventuellement, il permet de rejeter un candidat.

3.3.2 Résultats de l'évaluation des utilisateurs

Le dépouillement des entretiens préalables aux sessions interactives confirme que le profil des volontaires correspond à celui d'utilisateurs d'informatique et non de développeurs. Seuls deux d'entre eux ont suivi une formation spécifique à l'informatique (un volontaire de la condition expérimentale 1: Diplôme d'informatique pour l'enseignement; un volontaire de la condition expérimentale 3: cours d'informatique durant sa formation de bibliothécaire). Le premier volontaire en question enseigne l'informatique au primaire et connaît deux langages de programmation (Logo et Authorware). Il n'a cependant pas été rejeté car ses deux sessions de navigation ne se distinguaient en rien de celles des autres volontaires. Le second volontaire en question n'est pas non plus rejeté car l'enseignement spécifique à l'informatique qu'il a suivi ne concerne en rien des aspects hypermédias.

Ils déclarent tous être familiers avec les logiciels bureautiques (surtout le traitement de texte qu'ils citent tous, beaucoup moins le tableur, encore moins la base de données) qu'ils utilisent entre ce qu'ils qualifient de rarement et de quotidiennement (de deux à trente heures par semaine). L'utilisation d'autres logiciels (dessin, gestion, traitement statistique, logiciels didactiques de mathématique, numérisation et importation d'images) est citée par sept d'entre eux. Ils utilisent aussi des outils de communication (courrier électronique et Internet) mais de façon peu régulière et depuis peu de temps, sauf pour deux d'entre eux (3 ans au maximum pour l'un des deux).

Pour leur utilisation de produits logiciels, analogues à ceux basés sur CD-ROM, ce sont les jeux qui sont cités le plus souvent et le plus spontanément. Onze des trente volontaires disent en utiliser régulièrement chaque semaine ou très souvent (jeux de rôle, jeux d'enfants, jeux de sport).

Pour les produits culturels, s'ils sont cités par autant d'utilisateurs que les jeux, ils ne sont mentionnés qu'ensuite. Les produits logiciels purement culturels ne sont cités que par trois des volontaires de la condition expérimentale 1 (histoire, dictionnaires, apprentissage des langues) et ils qualifient leur utilisation de ces produits de rare à régulière. Parmi les huit volontaires d'une autre condition expérimentale, seul un utilisateur se déclare très familier avec ce genre de produit logiciel tandis que trois autres disent n'en avoir utilisé qu'une ou deux fois seulement. Les quatre derniers ne sont pas non plus de grands utilisateurs;

l'un d'eux dit: "Je n'ai pas de réflexe, je dois toujours me poser la question de savoir ce que je dois faire."

Les volontaires de l'expérience ne sont donc pas de grands consommateurs de produits interactifs de type CD-ROM. Ce résultat n'est pas surprenant. L'enquête toute récente *Les jeunes européens* montre que, dans l'Union européenne, 25% au maximum des jeunes de 15 à 24 ans utilisent le lecteur de CD-ROM et ce chiffre tombe aux environs de 10% pour les pays du sud de l'Europe¹³ (INRA, 1997, p. 78).

En ce qui concerne la navigation, même s'ils pensent ne pas être familiers avec des produits de type CD-ROM et/ou s'ils n'en ont jamais utilisés, l'ensemble des volontaires déclarent ne pas voir a priori la navigation comme un problème et disent qu'elle s'effectue en cliquant sur des icônes ou des zones des écrans qui se présentent à eux.

En ce qui concerne le niveau de connaissance en biologie, l'analyse des réponses données aux trois questions scientifique (cf. Annexe 4.6), médicale et éthique révèle que le niveau des volontaires correspond bien à celui du public cible. Ils se trouvent entre le niveau candide et élaboré:

1. condition expérimentale 1:

- en moyenne: 2,3 points à la Question scientifique,
- en moyenne: 4,4 points à la Question médicale,
- un seul utilisateur atteint la moitié du total maximum;

2. condition expérimentale 2:

- en moyenne: 2,6 points à la Question scientifique,
- en moyenne: 4,7 points à la Question médicale,
- en moyenne: 3,4 points à la Question éthique,
- un seul utilisateur atteignent le tiers du total maximum.

3. condition expérimentale 3:

- en moyenne: 1,9 points à la Question scientifique,
- en moyenne: 4,6 points à la Question médicale,
- en moyenne: 3,0 points à la Question éthique,
- trois utilisateurs atteignent le tiers du total maximum.

4. condition expérimentale 4:

- en moyenne: 2,4 points à la Question scientifique,
- en moyenne: 4,9 points à la Question médicale,
- en moyenne: 1,8 points à la Question éthique,
- un seul utilisateur atteint le tiers du total maximum;

Les utilisateurs sont tous globalement au même niveau de connaissance. En

¹³ La séparation entre l'Europe du sud et l'Europe du nord est faite dans cette enquête par une droite partant de la Belgique et rejoignant l'Autriche.

ce qui concerne les réponses données à la question sur ce qu'est un clone humain, on note cependant que les utilisateurs de la condition expérimentale 4 ont moins de connaissances.

Les connaissances sur les maladies génétiques sont beaucoup plus complètes que sur les deux autres questions de biologie. Elles touchent directement les gens; cela les "motive" pour en savoir plus à ce sujet et ils peuvent accéder à des informations les concernant ne serait-ce que, par exemple, au travers des personnes de leur entourage et des nombreuses émissions télévisées qui y sont consacrées. On peut détailler par exemple les résultats obtenus par les volontaires de la condition expérimentale 4, en précisant que les résultats sont assez similaires pour les trois autres groupes.

La grande majorité d'entre eux savent que la transmission d'une maladie génétique est affaire de probabilité (Niveau 1, tous les utilisateurs), qu'elle dépend aussi du sexe des parents et/ou des enfants (Niveau 1, cinq utilisateurs) et qu'elle peut être transmise sans être révélée (Niveau 2, six utilisateurs). Mais leur connaissance est pour ainsi dire limitée à cela. Très peu d'entre eux connaissent des éléments de réponse, aux Niveaux 2 ou 3, qui expliquent ces arguments (maladie due à un(des) gène(s) muté(s), caractère dominant/récessif des gènes et rôle dans la transmission, etc.).

Les savoirs sur la question 1 sont bien moins importants. La majeure partie des utilisateurs de toutes les conditions expérimentales perçoivent le fait que l'homme et la souris ont de nombreuses caractéristiques communes (mammifères, circulation sanguine, etc.) et le justifient en disant que le programme génétique, ou les chromosomes, sont donc les mêmes. Mais ils n'ont guère d'explication plus détaillée au niveau de l'origine des fonctions de la cellule. Les éléments de réponse à la définition d'un clone sont encore nettement moins connus.

3.3.3 Fichiers de navigation des sessions interactives

Lorsque les utilisateurs se servent du logiciel, un fichier de navigation est produit automatiquement. Un exemple en est donné dans l'Annexe 4.7. Les indications données dans ce fichier sont (de gauche à droite):

1. colonne 1: l'intitulé abrégé de la couche du logiciel à laquelle accède l'utilisateur;
2. colonne 2: le titre du document auquel accède l'utilisateur;
3. colonne 3: "debut" ou "fin" suivant que l'utilisateur entre ou sort du document;
4. colonne 4: la durée de la session jusque là;
5. colonne 5: le temps passé dans le document (si "fin" dans colonne 3).

A partir de ce fichier, on peut donc reconstituer l'ensemble de la session interactive de l'utilisateur. C'est le document de base pour l'analyse effectuée.

Il faut considérer une notion de temps utile pour mieux comprendre ce qui est

compté comme temps dans les analyses effectuées. Le temps utile est défini comme le temps réellement passé par l'utilisateur à consulter et à naviguer dans les documents accessibles. Le temps utile d'une session est le temps total de la session moins les temps intermédiaires nécessaires pour passer d'un écran/document à un autre. Ces temps intermédiaires sont la somme du temps nécessaire au réseau pour faire parvenir l'écran/document à l'utilisateur et du temps nécessaire à la configuration matérielle de l'utilisateur pour faire apparaître l'écran/document à l'écran et pour rendre la main à l'utilisateur.

Etant donné que ces temps intermédiaires ne dépendent pas de la volonté des utilisateurs mais de leurs configurations informatiques et des fluctuations de l'occupation du réseau, il a semblé judicieux de les enlever et de considérer seulement les temps utiles. Ceux-ci ont été calculés à partir des fichiers de navigation et du programme appelé "Couches" écrit, avec Visual Basic pour Excel, afin de calculer les temps passés dans les différentes couches du CD-ROM (cf. Annexe 4.8).

Glo	Cartographie_génique	debut	517
Glo	Cartographie_génique	fin	520
ConceptMap	cm	debut	543
ConceptMap	cm	fin	545

L'exemple donné ci-dessus de l'extrait d'un fichier de navigation permet de voir qu'entre le moment où l'utilisateur a quitté le glossaire et est entré dans l'écran d'accueil, il s'est écoulé 23 secondes. Dans cet exemple, ce temps est assez long; habituellement les temps intermédiaires sont plus courts. Mais leur somme fait la différence entre la durée totale d'une session et son temps utile.

Utilisateur	Nombre de sessions	Temps total moyen (secondes)	Temps utile moyen (secondes)	Temps utile moyen (%)
90	7	1545	1369	85
180	5	1356	1279	84
190	12	1571	1522	90
260	10	1228	1147	80
290	11	690	619	89

Figure 6: Temps utile moyen pour les cinq plus grands utilisateurs de l'expérience de Saint-Quentin

La Figure 6 indique la proportion du temps utile moyen de toutes les sessions analysées des cinq plus grands utilisateurs de l'expérience de Saint-Quentin. Elle montre que la quantité de temps à enlever pour obtenir le temps utile est loin d'être négligeable puisqu'elle atteint, par exemple pour l'utilisateur 260, le chiffre de 20% (moyenne pour 10 sessions). C'est pour cette expérience exploratoire que ce problème est le plus flagrant car les ressources réseau sont beaucoup moins utilisées dans le cas de l'expérience détaillée de navigation.

3.3.4 Mesure des activités développées avec le logiciel

Tout au long de l'étude effectuée sur les données de fichiers de navigation, on procède toujours à une double analyse:

1. une analyse globale de la session: elle ne tient pas compte de la séquence chronologique des actions de l'utilisateur mais considère l'ensemble de la session;
2. une analyse séquentielle de la session: elle cherche à montrer la succession chronologique des actions de l'utilisateur au cours de la session.

Pour déterminer, au travers d'une analyse globale, les activités développées avec le logiciel (contenus du logiciel qui sont les plus approfondis par les utilisateurs et les outils qui leur sont les plus utiles), on raisonne sur les temps passés dans les différentes couches du CD-ROM et le nombre d'accès à ces couches (Touchard J.-B., 1993, p. 86). Ces données sont issues du calcul fait par le programme Visual Basic "Couches" (cf. Annexe 4.8).

Mais on ne peut raisonner de façon séparée sur le nombre d'accès à ces contenus et/ou outils ni sur le temps passé dans ces contenus et/ou outils. En effet il n'y a pas de corrélation stricte entre ces notions (l'approfondissement des contenus et l'utilité des outils) et ces valeurs (le temps passé et le nombre d'accès). Des contre-exemples montrent très bien cette absence de corrélation:

1. Si l'utilisateur accède de très nombreuses fois à un document D1 et n'y passe que très peu de temps à chaque fois, alors D1 n'est pas très approfondi.
2. De même si l'utilisateur n'accède qu'un très petit nombre de fois à un document D2 mais y passe à chaque fois beaucoup de temps, alors D2 est approfondi par l'utilisateur.
3. De plus si un utilisateur accède de très nombreuses fois à un outil O1, c'est peut-être parce que c'est un passage obligé et cela ne montre pas que O1 est très utile.

On raisonne alors sur le temps moyen, passé pour un accès dans une couche du logiciel¹⁴, calculé comme étant le rapport du temps d'accès à une couche sur le nombre d'accès à cette couche. Sont calculés dans un premier temps les huit rapports, correspondant aux huit couches principales du logiciel, pour l'ensemble des sessions de tous les utilisateurs. Dans un deuxième temps, ces huit rapports sont pondérés à la fois par le nombre d'accès et par le temps passé dans les huit couches principales du logiciel. Le poids du temps dans une couche (respectivement du nombre d'accès à une couche) est calculé comme la proportion de ce temps sur le temps total (respectivement de ce nombre d'accès sur le nombre d'accès total).

¹⁴ Nous appelons dorénavant couche du logiciel un de ses documents ou un de ses outils.

Dans cette analyse globale, une comparaison plus spécifique des deux versions de l'Outil de Navigation (OdN) est aussi effectuée. Elle se base sur trois paramètres: la proportion de temps passé dans cette couche (par rapport au temps total de la session), la proportion du nombre d'accès à cette couche (par rapport au nombre d'accès total) et le temps moyen par accès. Le tableau ci-dessous explique l'interprétation de ces chiffres.

	% de temps	% du nombre d'accès	Temps moyen
mesure de	Efficacité globale de l'OdN	Accès à l'OdN si: 1. volonté nouveau choix de navigation 2. pas trouvé information dans document 3. être perdu (en général) 4. être perdu dans structure conceptuelle (ne pas être familier avec les liens entre les concepts)	Temps nécessaire pour retirer de l'OdN l'information permettant d'effectuer un choix de navigation
variation de l'efficacité de l'OdN	L'efficacité varie inversement au %	L'efficacité selon les cas: 1. pas de variation (volonté de l'utilisateur) 2. idem 3. idem 4. varie inversement au % car montre que l'OdN ne permet pas une bonne compréhension de la structure conceptuelle	L'efficacité varie inversement au temps

Une analyse séquentielle est aussi menée pour voir comment les utilisateurs se déplacent dans la structure du logiciel, c'est-à-dire les successions dans le temps des différentes couches parcourues par les utilisateurs, c'est-à-dire la navigation dans la structure du logiciel sans tenir compte des contenus mais seulement de la structure hypertexte.

C'est à partir des fichiers de navigation que cette mesure est effectuée:

1. on établit d'abord toutes les successions possibles de documents;
2. on comptabilise alors combien de fois chaque succession possible est utilisée au cours d'une session.

Les successions possibles de couches sont les suivantes:

1. CM & Doc1
2. CM & Doc1 & Glo
3. CM & Doc1 & Doc2
4. CM & Doc1 & Glo & Doc2
5. CM & Doc1 & Doc2 & Glo
6. CM & Doc1 & Glo & Doc2 & Glo
7. CM & Tour
8. CM & Web
9. CM & Glo

On a écrit "Doc1 & Glo & Doc1" comme "Doc1 & Glo" car si un item du Glossaire est accédé par l'intermédiaire d'un Doc1, le retour au Doc1 est obligatoire en sortant du Glossaire. Il en va de même pour "Doc1 & Doc2 & Glo

& Doc2", écrit comme "Doc1 & Doc2 & Glo" (et pour tous les autres cas similaires). De même, on a écrit "Doc1 & Doc2 & Doc1" comme "Doc1 & Doc2" car le retour au Doc1 est obligatoire en sortant du Doc2.

3.3.5 Mesure des contenus explorés dans le logiciel

Après cette première mesure des activités développées avec le prototype, on cherche à établir quels contenus sont explorés préférentiellement par les utilisateurs. On cherche aussi à voir s'il y a une différence, au niveau des contenus explorés, entre les sessions avec et sans tâche. Il doit en fait y en avoir une. On peut s'attendre en effet, si l'outil de navigation est efficace, à ce que le parcours d'un utilisateur effectuant une session avec tâche (trouver les éléments de réponse à la question médicale) soit plus centrée sur les contenus médicaux.

C'est donc une mesure de la pertinence de la navigation pendant la session avec tâche ainsi qu'une mesure de la différence des navigations effectuées par les utilisateurs effectuant une session avec tâche et ayant effectué ou pas une session préalable d'exploration libre du CD-ROM.

Au travers de l'analyse globale, on cherche ainsi à déterminer quel cluster (scientifique, médical et éthique) est le plus exploré en construisant un tableau des 20 documents auxquels les utilisateurs ont le plus accédé. Cette première mesure est complétée par une mesure de pertinence établie avec des ratios moyens (Canter D., 1985; Marchionini G., 1988; Dias P., 1997), un ratio par cluster, définis comme étant une moyenne, sur la durée de la session, des ratios instantanés qui sont:

$$R(\text{Cluster}) = N(\text{Cluster}) / N(\text{Total})$$

où:

- R(Cluster) est le ratio d'un Cluster;
- N(Cluster) est le nombre de documents accédés du Cluster;
- N(Total) est le nombre total de documents accédés.

Les ratios moyens pour chaque cluster sont donc calculés l'un après l'autre, pour chacune des sessions analysées, au moyen du programme appelé "Ratio" et écrit avec Visual Basic pour Excel (cf. Annexe 4.9). Pour un cluster, le programme lit le fichier de navigation d'une session et considère chaque document où rentre l'utilisateur. Le programme commence par calculer le nombre de périodes de 2 secondes¹⁵ dans le temps total que passe l'utilisateur dans ce document. Il remplit alors dans le fichier du ratio instantané du cluster autant de lignes que de périodes de 2 secondes trouvées avec les informations suivantes:

¹⁵ Ce laps de temps correspond au minimum de temps passé dans un document et permet donc de ne pas oublier de documents dans la séquence de navigation suivie par l'utilisateur.

1. il augmente $N(\text{Total})$ de 1,
2. il augmente $N(\text{Cluster})$ de 1 si il trouve le document où est l'utilisateur dans la liste des documents de ce cluster (cf. Annexe 4.4),
3. il calcule $R(\text{Cluster})$.

Le programme recommence alors avec le document suivant dans lequel l'utilisateur entre. A la fin de la session, on peut donc calculer le ratio moyen de ce cluster. On peut aussi commencer le calcul du ratio instantané pour un autre cluster en faisant utiliser au programme une autre liste de documents. Lorsque le programme a tourné trois fois avec le même fichier de navigation et les trois listes de documents, on obtient les trois ratios moyens et les fichiers donnant les ratios instantanés (chaque 2 secondes, pour les trois clusters).

Comme les listes de documents correspondant aux clusters ont été obtenues en fonction du contenu des documents (cf. Annexe 4.4), les ratios obtenus, instantanés et moyens, mesurent donc, sur toute la durée des sessions:

1. ratio instantané: la séquence d'exploration d'un type de contenu (un cluster);
2. ratio moyen: la proportion de temps passé, par rapport à la durée de la session, dans un type de contenu (un cluster).

Une objection pourrait être faite à propos de ce calcul des ratios (moyens et instantanés). Les nombres de documents relatifs aux trois thèmes (scientifique, médical, éthique) étant très différents, on pourrait penser qu'ils introduisent un biais sur l'évolution des moyennes des ratios. Ce biais serait significatif, du fait de la disproportion existant entre les nombres des documents dans les listes, si il fallait tenir compte d'un choix effectué au hasard parmi l'ensemble des documents. Dans le logiciel, au contraire, les choix sont faits par les utilisateurs en fonction de leurs intérêts et/ou de leur tâche à partir de l'écran d'accueil qui permet toujours des accès vers tous les types de contenus.

Remarquons aussi que les ratios utilisés comme mesure de la navigation dans un hypermédia éducatif sont toujours, dans l'ensemble des publications citées ci-dessus, les ratios moyens. Or celui-ci ne donne qu'une indication moyenne sur la durée d'une session et ne permet pas de regarder l'évolution au cours de la session de l'exploration d'un type de contenu, c'est-à-dire la navigation elle-même. Dans notre analyse, aussi bien le ratio moyen (analyse globale) que le ratio instantané (analyse séquentielle) sont utilisés pour pallier ce problème.

La complémentarité des résultats obtenus avec les ratios moyens et instantanés est en effet intéressante. Les ratios moyens donnent une tendance générale de navigation par rapport aux contenus pour une session particulière. Les ratios instantanés permettent de suivre, tout au long de la session, quelle est la succession des types de contenu auxquels l'utilisateur s'intéresse et les laps de temps qu'il y consacre.

Les ratios instantanés permettent aussi de mieux interpréter les ratios moyens. Par exemple, le ratio moyen scientifique de l'utilisateur U6 augmente entre les sessions 1 et 2 ce qui ne correspond pas exactement au comportement

attendu: la tâche de recherche d'information liée au thème médical devrait faire diminuer le ratio scientifique.

La forme des trois courbes indique que cet utilisateur est resté pendant très longtemps, au début de sa session 2, dans un document commun aux deux listes médicale et scientifique (dans le Tour pendant 939 secondes). Le ratio scientifique est donc resté au maximum pendant toute cette période avant que U6 soit passé à un document présent uniquement dans la liste médicale. Les courbes des trois ratios instantanés pour la session 2 de cet utilisateur apporte ici un éclaircissement.

3.3.6 Éléments de réponse trouvés à la question médicale

La tâche choisie pour les utilisateurs est de leur faire trouver des éléments de réponse à une question plutôt que de les faire vraiment répondre à une question. Ce choix est fait afin de centrer, dans les sessions avec tâche, l'activité des utilisateurs sur la recherche d'informations et donc sur l'utilisation de l'outil de navigation proposé.

La question médicale est retenue pour effectuer cette tâche en fonction de deux critères principaux. En premier lieu, elle est celle sur laquelle les volontaires connaissent le plus de choses (cf. section 3.3.2) et, pour une expérience sur un domaine scientifique complexe comme le génome humain, cela est préférable. En second lieu, elle comprend les termes "maladies génétiques" qui figurent aussi dans l'un des items de l'outil de navigation (quelle que soit sa version).

On pourrait penser que cela va biaiser les résultats du fait que les utilisateurs, voyant directement les termes importants de la question dans l'outil de navigation, vont explorer directement les documents correspondants du logiciel et seulement eux. Nous faisons l'hypothèse que le modèle mental lié à l'utilisation d'un outil de navigation va au contraire entraîner d'autres comportements. Et ceux-ci seraient mis bien moins clairement en évidence si les libellés de la question et des entrées des deux versions de l'outil de navigation ne présentaient pas cette particularité.

Afin d'analyser les résultats auxquels les utilisateurs parviennent dans cette tâche, une liste de l'ensemble des éléments de réponse que l'on peut trouver dans le CD-ROM *Génome Humain* sur la question médicale est donc établie (cf. Figure 7 et Annexe 4.10). Les éléments trouvés par les différents utilisateurs sont alors comparés à cette table.

Pour cette tâche demandée aux utilisateurs, la navigation "idéale" dans le CD-ROM qui permet de trouver le plus rapidement possible l'ensemble des éléments de réponse sur la question médicale serait de passer par les deux documents "Doc1 / Les maladies génétiques" et "Glo / Maladie de l'X fragile". Ces deux documents contiennent en effet tous les éléments de réponse à cette question.

NIV.	QUESTION MED.	DOCUMENTS
N1	<ul style="list-style-type: none"> • c'est une probabilité • ça dépend du sexe <ul style="list-style-type: none"> - des parents - des enfants 	<ul style="list-style-type: none"> • Doc1 / Les gènes peuvent muter en provoquant des maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques soulèvent des questions d'éthique • Glo / Mucoviscidose • Doc1 / Questions d'éthique • Glo / Maladie de l'X fragile
N2	<ul style="list-style-type: none"> • la maladie peut être transmise sans être révélée • ça dépend du caractère récessif/dominant du gène • ça dépend de la maladie <ul style="list-style-type: none"> - 1 gène / 2 gènes 	<ul style="list-style-type: none"> • Doc1 / Les maladies génétiques • Doc1 / Questions d'éthique • Doc1 / Les maladies génétiques • Glo / Maladie de l'X fragile • Doc1 / La thérapie génique • Doc1 / La thérapie génique pourrait un jour soigner certaines maladies génétiques • Doc1 / Les gènes peuvent muter en provoquant des maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques perturbent le développement normal du corps humain • Doc2 / La thérapie génique • Glo / Cartographie génique
N3	<ul style="list-style-type: none"> • localisation du gène muté: <ul style="list-style-type: none"> - chromosome sexuel - chromosome non sexuel • maladie génétique = mutation d'un gène 	<ul style="list-style-type: none"> • Doc1 / Le Programme Génome Humain est la cartographie des gènes • Doc1 / Questions d'éthique • Glo / Maladie de l'X fragile • Doc1 / La thérapie génique • Doc1 / Le corps humain • Doc1 / Le Programme Génome Humain est la cartographie des gènes • Doc1 / Le Programme Génome Humain rendra possible la thérapie génique • Doc1 / Les gènes • Doc1 / Les gènes peuvent muter en provoquant des maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques • Doc1 / Les maladies génétiques perturbent le développement normal du corps humain • Doc2 / La thérapie génique • Doc2 / Le Programme Génome Humain • Doc2 / Le Programme Génome Humain est la cartographie des gènes • Doc2 / Le Programme Génome Humain rendra possible la thérapie génique • Doc2 / Les gènes peuvent muter en provoquant des maladies génétiques • Doc2 / Les maladies génétiques • Glo / Maladie de Huntington • Glo / Maladie de Tay-Sachs • Glo / Mucoviscidose • Glo / Thérapie génique germinale

Figure 7: Eléments de réponse sur la question médicale dans le CD-ROM *Génome Humain*

3.3.7 Perception de l'outil de navigation comme vue globale

Complétant l'analyse des activités développées avec le logiciel et celle des éléments de réponse trouvés, l'entretien final qui se déroule après la(les) session(s) interactive(s) a pour but de recueillir des données sur les utilisateurs à propos:

- de leur appréciation / compréhension de l'outil de navigation;
- des modèles mentaux mis en œuvre lors de l'emploi du CD-ROM;
- de leurs connaissances générales des outils de navigation.

L'entretien final de l'expérience est structuré autour d'une liste de questions ouvertes de plus en plus ciblée sur les outils de navigation et sur la navigation dans l'hypermédia:

1. Que pensez-vous du logiciel?
2. Est-ce que le menu est adéquat pour la tâche à effectuer?¹⁶
3. Y a-t-il besoin d'autres outils dans le logiciel?
4. Vous trouvez que c'est embêtant de toujours devoir revenir au menu?

Ces questions sont laissées ouvertes, et données les unes après les autres aux utilisateurs, pour ne pas provoquer de réponses induites directement par la question et pour donner une importance au discours spontané des utilisateurs. Ainsi, dès la question 1, les utilisateurs peuvent montrer qu'ils attachent une attention particulière aux outils de navigation alors que ceux-ci ne sont pas évoqués dans le libellé de la question.

Avec la question 2, on veut voir essentiellement le nom et la fonction donnés par les utilisateurs à l'écran d'accueil.

Avec la question 3, on peut aussi tester la connaissance plus ou moins grande des utilisateurs sur les outils de navigation en général car, par exemple, ils peuvent spontanément déclarer avoir eu besoin d'un index, autre mode de recherche que celui proposé avec l'outil de navigation mis à disposition.

Avec la question 4, on avance encore plus vers leurs connaissances relatives aux outils de navigation et on cherche à savoir, par exemple, s'ils ont une préférence pour une structure hiérarchique ou plus en réseau.

- Lors de l'entretien initial, on évalue les connaissances des utilisateurs en informatique et en biologie afin de vérifier qu'ils font partie du public cible.
- Un fichier de navigation, qui décrit la navigation de l'utilisateur, est enregistré pour chaque session interactive.

¹⁶ Au cours de l'entrevue, nous présentions une photocopie de l'écran d'accueil aux utilisateurs, afin de ne pas le nommer ni le qualifier nous-mêmes

- Cette analyse est double: analyse globale (ne tient pas compte de la séquence chronologique des actions de l'utilisateur) et analyse séquentielle (montre cette succession). Elle mesure les activités menées avec le logiciel et la pertinence de la navigation par rapport à la tâche: rechercher des éléments de réponse à une question médicale.
- L'analyse globale mesure: les documents les plus approfondis, les outils les plus utilisés, les vingt documents les plus visités, les proportions de temps passé dans les trois types de contenu (scientifique, médical, éthique).
- L'analyse séquentielle mesure: les successions possibles de documents, les séquences d'exploration des trois types de contenus.
- Ces données permettent de comparer les deux versions de l'outil de navigation, lors des sessions libres et avec tâche. Cette comparaison est complétée par l'entretien final.