

# **Modélisation ontologique des connaissances : Pour une lecture conceptuelle dans les manuels scolaires électroniques**

Stephan RENAUD

Laboratoire Cognition & Usages, Université Paris 8

[stephan.renaud@cognition-usages.org](mailto:stephan.renaud@cognition-usages.org)

**Résumé :** Les manuels scolaires électroniques sont classiquement conçus à partir des savoir-faire issus de l'édition papier. Afin d'exploiter au mieux les potentialités des TICE nous avons imaginé un manuel scolaire électronique d'un nouveau genre offrant une véritable hypertextualité dans la structuration des documents, dans le discours du lecteur et dans la navigation de l'utilisateur. Dans cet hypermédia ontologique les concepts sont organisés dans un espace à 3 dimensions sémantiques. La navigation se fait sur 3 axes ontologiques et bijectifs où chaque déplacement correspond à une phrase mettant en jeu deux concepts via une des trois relations possibles. Chaque déplacement est également signifiant sur les plans logiques, sémantiques et de l'action. Le lecteur conçoit son propre parcours pédagogique au fil de ses déplacements. Le formalisme conceptuel et la navigation proposés ici, réduisent la désorientation, améliorent la recherche d'information et augmentent très nettement la compréhension et le raisonnement.

## **1 Les manuels scolaires**

### **1.1 Du papier au numérique : contraintes physiques vs psychologiques**

L'édition scolaire et plus généralement l'édition des ouvrages sur support papier ont acquis au cours du siècle précédent un savoir faire concernant la présentation, la mise en page et la lisibilité des documents. Ces acquis éditoriaux ne sont pas remis en cause par l'émergence des nouvelles technologies, par contre ce sont l'accès aux documents et la navigation qui sont fortement modifiés, ce qui entraîne des changements radicaux dans la conception des manuels (Bouchon-Meunier et al., 2004) qui doivent maintenant prendre en compte les nouveaux aspects ergonomiques et cognitifs (Tricot et al., 1998) induits par le travail sur supports numériques (Rabardel, 1995).

En effet, les contraintes de conception changent que l'on soit sur support papier ou sur support numérique. Le papier limite le nombre de pages d'un ouvrage et de ce fait le nombre de documents, cette tendance à la réduction s'est accrue cette dernière décennie par des conventions entre les parents d'élèves et les éditeurs afin de réduire le poids des cartables des élèves. Cette contrainte fait que les élèves doivent acquérir un nombre de notions toujours croissant avec un nombre de documents en réduction. Cette contrainte n'existe pas sur les supports numériques, par contre la possibilité de fournir des ouvrages contenant de très grand

volume de documents amène d'autres problématiques comme la désorientation, la représentation interne de la base de documents et la navigation hypertextuelle (Bruillard et De la Passadière, 1998). Ces problématiques sont d'ordre ergonomique et cognitive (Scapin, 1986), elle sont récentes et ne bénéficient pas du recul qu'a pu acquérir l'édition sur support papier. De plus, le papier par sa fixité ou sa rigidité, limite les éditeurs à ne proposer qu'un seul type d'agencement des documents, ce qui réduit considérablement le nombre de parcours pédagogiques pouvant amener aux connaissances.

## 1.2 Discours pédagogiques et hypertextes

L'agencement des documents dans les manuels scolaires est conçu pour faciliter le travail de l'enseignant. Les auteurs sont généralement des professeurs qui apportent leur expertise pédagogique dans le choix des documents et dans l'agencement des leçons.

Les manuels scolaires sont composés de chapitres qui s'organisent en série de leçons sur un domaine du programme et les leçons sont des ensembles de granules pédagogiques qui sont eux-mêmes composés de médias. Les leçons sont conçues de telle manière qu'une double page correspond à une heure de cours et elles regroupent un certain nombre de notions à acquérir. Les professeurs sont libres de respecter cet ordre conceptuel et ce choix de documents.

La présentation des notions des manuels est un discours type (un support de cours) fourni par l'auteur sur lequel le professeur peut s'appuyer pour illustrer et structurer son cours. La plupart des documents ont valeur d'exemple et éveillent les élèves aux nouvelles notions rencontrées, quelques documents en fin de chapitre reviennent sommairement sur l'essentiel et sont véritablement destinés aux élèves.

Paradoxalement les élèves considèrent les manuels scolaires comme « leurs » ouvrages de référence, cela est particulièrement vrai chez les élèves en difficulté qui ne parviennent pas à prendre les cours correctement, que l'on considère la tenue des cahiers ou la globalité des notions rencontrées au cours de la leçon (il n'est pas évident, quand on est en difficulté, de distinguer ce qui est important ou nouveau dans la leçon étudiée).

La structure des manuels scolaires numériques comme celle des livres est arborescente et le discours pédagogique est dans les deux cas linéaire, ce n'est que du point de vue de la navigation que ces deux types de manuels se distinguent. La navigation sur support papier est linéaire tandis que celle sur support numérique est arborescente, pourtant dans ce type de navigation les élèves restent canalisés dans la logique de l'auteur, car ils ont peu d'indépendance vis-à-vis du parcours proposé car tous ceux s'éloignant du discours de l'auteur ne sont plus guidées, ni par la structuration (agencement des documents), ni par les commandes (interface), ni par la sémantique (contenu).

Considérant les potentialités des technologies numériques, il est possible d'apporter une solution pour les élèves, en proposant des hypermédias scolaires qui soient véritablement hypertextuels sur le plan de la structuration, des parcours pédagogiques et de la navigation, tout en étant significatifs à chaque instant. Pour concevoir un hypermédia de ce type, il est obligatoire de sortir de l'ordre éditorial et d'organiser les documents en fonction des notions dont ils sont porteurs, et pour cela il est nécessaire d'organiser en amont les notions pour que cette structure serve de modèle (patron, squelette) pour l'agencement des documents (hypertexte), ce qui implique, un modèle d'organisation des connaissances à la fois pédagogique et psychologiquement valide.

## **2 La modélisation des connaissances**

### **2.1 L'enjeu de l'organisation des connaissances**

Le choix d'un type d'organisation des connaissances dépend essentiellement de la finalité du dispositif. Les manuels électroniques étant destinés à de jeunes apprenants, la préoccupation majeure est ici de nous rapprocher au plus près de la cognition humaine afin de proposer des catégorisations qui facilitent l'intégration en mémoire, un découpage conceptuel qui favorise la manipulation conceptuelle (raisonnement), des articulations qui facilitent les verbalisations et une cohérence qui rende visible et intuitive l'utilisation. Ceci sans altérer la véracité scientifique.

### **2.2 L'organisation ontologique**

Le meilleur prétendant pour organiser les connaissances pour notre dispositif est l'ontologie (Desmoulin et Grandbastien, 2002) car elle est proche de l'organisation des connaissances en mémoire, avec l'inclusion sémantique (Bever et Rosenbaum, 1970) qui organise les relations entre connaissances et l'inclusion de classes qui permet l'intégration des catégories comme connaissances (Cordier, 1993 ; Poitrenaud et al., 2005). Elle prend en compte tous les paramètres ou propriétés présentes dans le discours, ce qui permet de rendre compte des différents points de vue sur une connaissance ou de ses différents accès (Tijus, 2001). Selon Keil (1979, 1989), son formalisme intervient très tôt dans l'ontogenèse pour la construction de la représentation de l'environnement chez l'enfant. Cette organisation est évolutive et les ontologies sont compatibles entre elles. De plus, le découpage conceptuel que l'ontologie propose est proche du questionnement humain (Normann, 1988), elle répond à la question « qu'est ce que c'est ? » en répondant par les articulations langagières « est une sorte de » dans le cas d'une catégorie super-ordonnée et par « est un cas particulier de » dans le cas d'une catégorie sub-ordonnée, ce qui implique que l'ontologie organise les connaissances sur un axe bijectif entre le général et le particulier, en utilisant des liaisons conceptuelles en langage naturel.

Les travaux de Vignaux (1999, 2003, 2005) ont permis de décliner plusieurs types de relations ontologiques dont 3 sont généralisables pour l'organisation des grands corpus de connaissances. Ainsi, nous avons modélisé une organisation des connaissances dans laquelle la navigation dans les concepts est possible sur 3 axes bijectifs.

## **3 Création d'un hypermédia ontologique**

### **3.1 Principe d'organisation des connaissances**

#### **3.1.1 L'axe ontologique strict**

Le premier axe est dit « ontologique strict » : les relations entre connaissances sont des relations catégorielles du général vers le particulier : les articulations langagières utilisées sont « est une sorte de » dans le sens ascendant, et « Parmi..., il y a... » dans le sens descendant.

### 3.1.2 L'axe temporel

Le deuxième axe est dit « temporel » : les relations entre connaissances sont en cause et en conséquence. Les articulations langagières sont « est la conséquence de » et « est la cause de ».

### 3.1.3 L'axe de composition

Le troisième axe montre la granularité, il est dit « axe de composition » : les relations sont des relations entre composants, les déplacements sur cet axe sont semblables à un changement de zoom, du plus grand au plus petit et vice-versa. Les articulations langagières sont « est composé de » et « est composant de ».

### 3.1.4 L'espace à 3 dimensions sémantiques

Les concepts sont positionnés dans un espace sémantique qui s'organise comme un repère ortho-normé à 3D, ainsi les concepts sont situés par 3 coordonnées, dont chacune des unités est un « pas » relationnel. Par convention dans tous les graphes suivants, sont indiqués, en bleu les concepts reliés par une relation ontologique stricte, en vert, ceux qui sont reliés par une relation de composition et, en noir, ceux qui sont reliés par une relation de causalité et de conséquence.

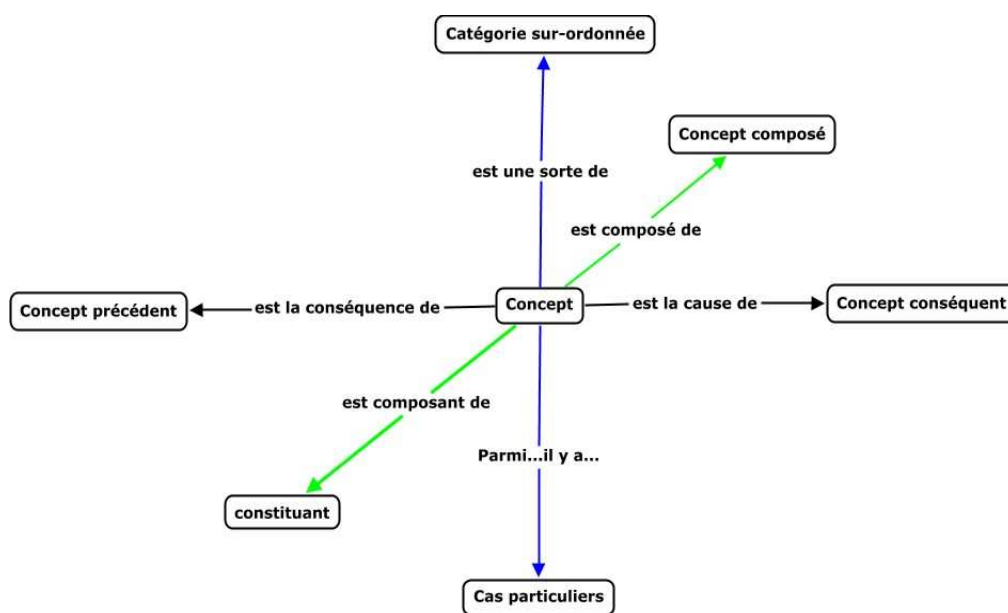


FIG.1 - Les 3 axes de l'espace à 3 dimensions sémantiques

## 3.2 Création d'un espace à 3 dimensions sémantiques

### 3.2.1 Un exemple de modélisation des connaissances en géologie

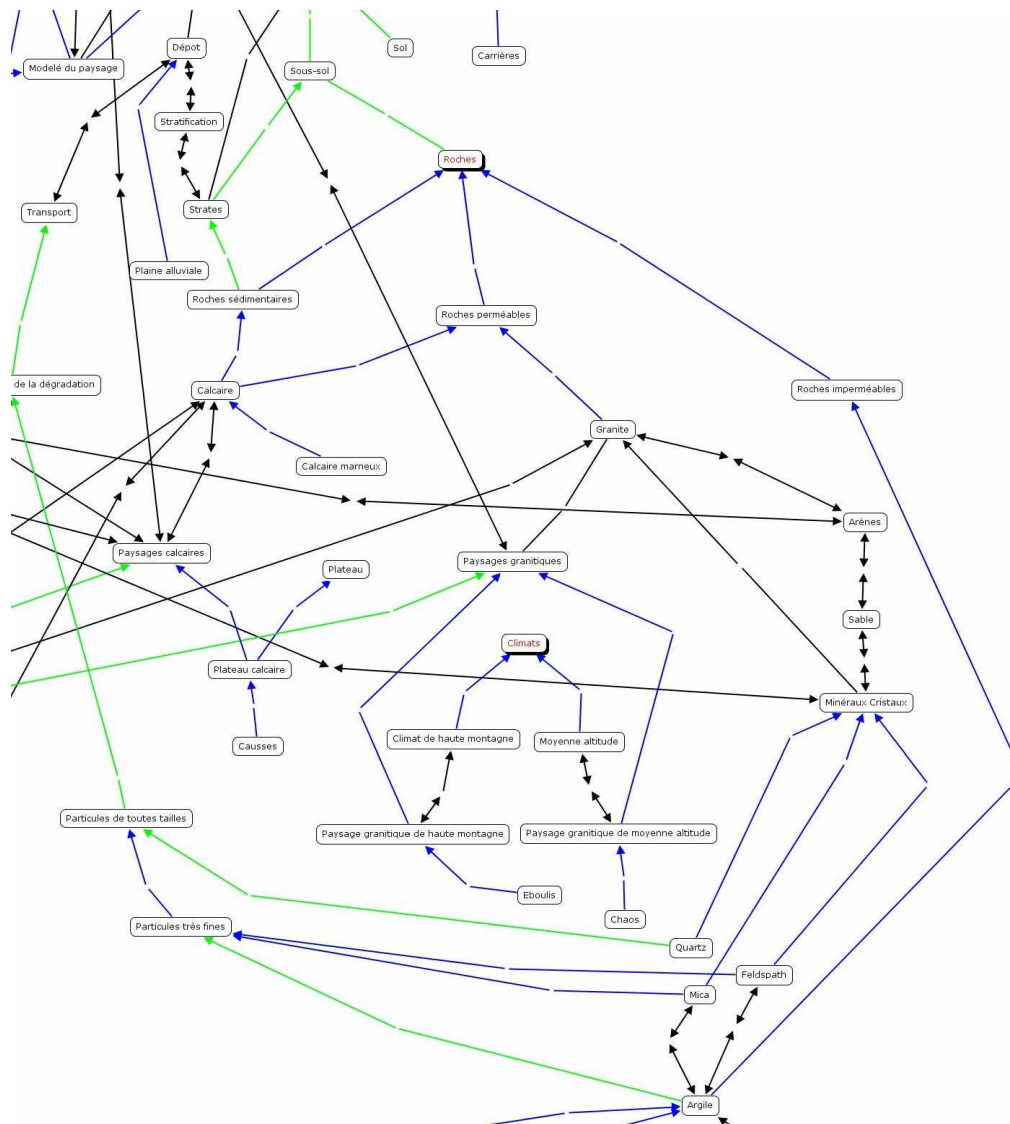


FIG.2 – Extrait de l'ontologie des connaissances de 2 chapitres de géologie d'un manuel de Sciences de la Vie et de la Terre de niveau 4<sup>ème</sup>. Le graphe est visible dans son intégralité à l'adresse : <http://plate-forme-ast.mshparisnord.org/Conception-d-hypermedia>.

### 3.2.2 La conception de l'hypertexte

La structure de l'organisation des connaissances (ontologie) est le résultat de l'analyse de l'information sémantique contenue dans les documents. Cette structure représente les informations fournies par le manuel, elle représente également les notions et les catégorisations que doit acquérir l'élève. L'organisation complète des connaissances du domaine prend la forme d'un graphe acyclique.

Nous avons utilisé cette structure comme fond d'hypertexte, c'est-à-dire que nous avons calqué l'organisation des documents sur celle des connaissances, afin que les liens et déplacements entre les différents documents parcourus soient explicites et porteurs de sens.

Pour cela nous avons sélectionné le document le plus représentatif pour chaque notion, nous lui avons attribué la même place et les mêmes relations (liens hypertexte) que dans l'ontologie des connaissances. De ce fait, la structure de la figure 2 représente l'hypertexte de notre hypermédia.

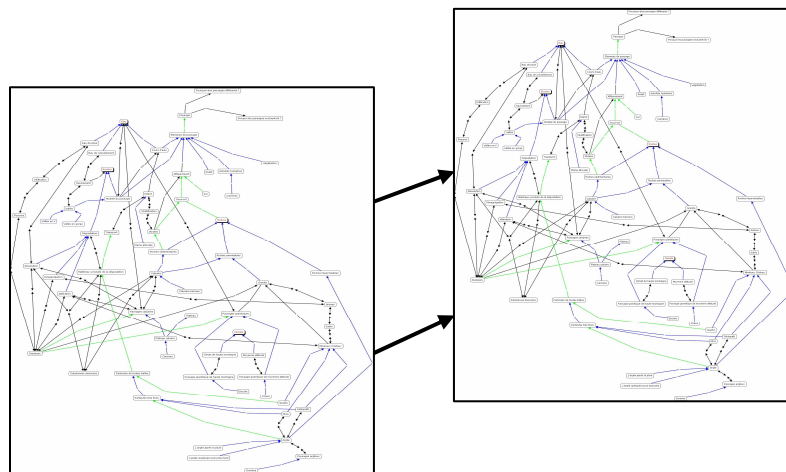


FIG.3 - L'organisation de l'hypermédia (documents) est calquée sur celle des connaissances (ontologie)

### 3.2.3 La navigation conceptuelle

Nous avons obtenu une organisation significative du point de vue des relations entre les concepts. Nous voulons rendre significative spatialement cette organisation ; cela est possible par les déductions « logiques » et la cohérence qu'entraîne les articulations langagières, par exemple : La cause d'un concept vient toujours « avant » et sa conséquence vient « après », la cause de sa cause ne pourra en aucun cas venir « après ». Les relations organisent les concepts entre eux, mais aussi par rapport à un « axe logique ».

Ainsi, dans notre hypermédia, chaque déplacement a lieu sur une dimension signifiante et est orienté logiquement. De ce fait nous avons opté pour une métaphore spatiale (Barcenilla et al., 2002) en représentant les axes de commandes de manières orientées (avant↔après, zoom avant↔zoom arrière, monter vers le général↔descendre vers le particulier).

La navigation dans cet hypermédia s'opère de document-notion en document-notion via ce dispositif que nous avons nommé « la commande sémantique ». Les déplacements se font dans l'environnement conceptuel immédiat du document-notion sur 3 axes où chaque document source est lié de manière explicite avec 6 autres documents cibles qui « représentent » sa cause, sa conséquence, sa catégorie sur-ordonnée, ses cas particuliers, le concept qu'il compose et ses composants.

Cette navigation rend explicite les rapports et implications des concepts du domaine de connaissances, ce qui correspond bien aux besoins des apprenants qui sont censés ne pas connaître les notions du domaine parcouru.

### 3.2.4 Hyper-lecture et associations conceptuelles

Il faut distinguer l'information qui provient des documents-notions (celle des concepts) et l'information qui provient de la relation entre les concepts. Ces types d'informations sont de natures différentes : la première est spécifique à un domaine, c'est la partie composante de l'information, la deuxième est transdisciplinaire, c'est la partie structurelle de l'information, elle organise les concepts entre eux.

Cette organisation commence par la formation de binômes conceptuels qui sont porteurs de la somme des informations de leurs composants. Il s'exprime sous forme de phrase mais aussi par l'équivalence :

Binôme = (Concept source + Relation + Concept cible)

Ou encore

$C3 = (C1 \rightarrow C2)$

Où  $\rightarrow$  est l'une des 6 relations que peut avoir C1 avec son environnement conceptuel.

La relation est toujours une relation d'orientation marquant le sens du parcours entre une origine et ce qui est visé. Le travail du manuel va ainsi consister à pointer les relations à même de construire des connaissances par la mise en relation entre concepts et faits.

Il existe 3 types de binômes généraux chacun étant orienté sur un des 3 axes ontologiques, par exemple :

Le granit est une sorte de roche

Le granit est composé de cristaux

Le granit se dégrade (est la cause de) l'arène granitique

## Modélisation ontologique des connaissances pour une lecture conceptuelle

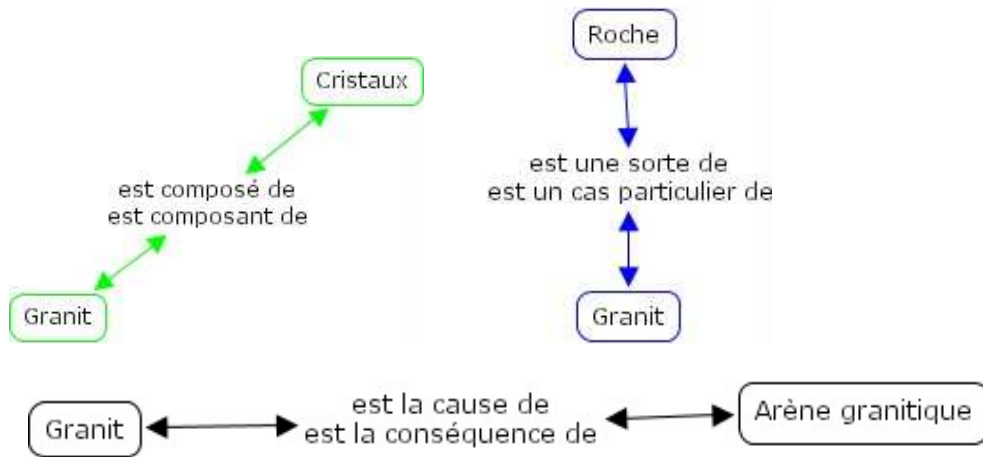


FIG.4 - 3 types de binômes concernant le granit

Les binômes ayant un concept commun peuvent s'associer et former une chaîne de 3 concepts. De manière générale toutes les chaînes peuvent s'associer entre elles à partir du moment où elles ont un concept en commun.

Il y a deux conséquences à cela :

Les connaissances d'un domaine, au travers de leurs mises en association, vont finir par se regrouper en une seule organisation conceptuelle, topologiquement et cognitivement orientée.

Les informations redondantes sont réduites (un concept ne possède qu'une seule localisation)

Ces deux phases d'association et de réduction agissent progressivement au cours de la navigation (parcours de concepts). Elles construisent une organisation des connaissances qui s'enrichit de concepts et dont la structure se complexifie tout au long du parcours.

Par exemple :

Le granit est une roche composée de cristaux qui se transforment en arène granitique.

L'argile est une roche composée de feldspath et de mica altéré.

Le granit est composé de feldspath et de mica.

Le feldspath et le mica sont des cristaux qui peuvent exister sous la forme cristalline et sous la forme altérée.

Ces énoncés qui sont des associations de plusieurs binômes (le premier exemple de la figure 5 est composé des binômes donnés à la figure 4) peuvent être représentés sous forme de petites ontologies locales et réduites, qui synthétisent les informations de tous les concepts et relations interconceptuelles présentes dans chaque phrase.



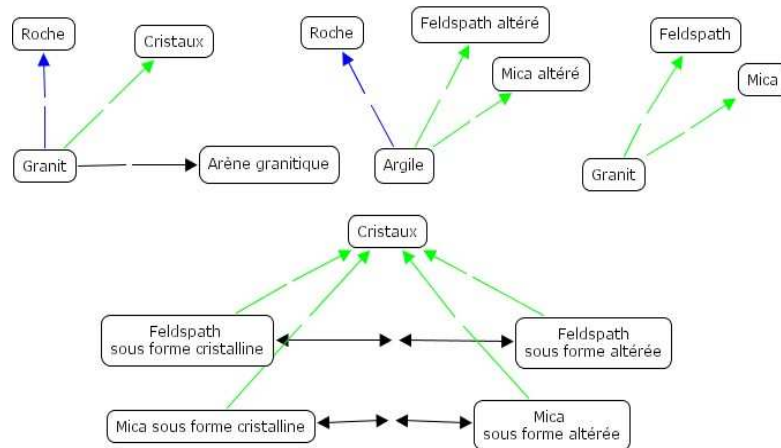


FIG.5 - Exemples d'associations de binômes conceptuels

### 3.3 Les blocs de connaissances

La succession des phases d'associations et de réductions amène à la construction d'un agencement unique qui contient l'intégralité des informations contenues dans les 4 phrases données en exemple. La complexité de l'organisation de ce bloc de connaissances est d'un niveau plus élevé que celui de ces composants. Les informations à l'intérieur de celui-ci sont très fortement imbriquées les unes avec les autres, ce qui améliore sa mémorisation et sa compréhension quand il y a eu apprentissage.

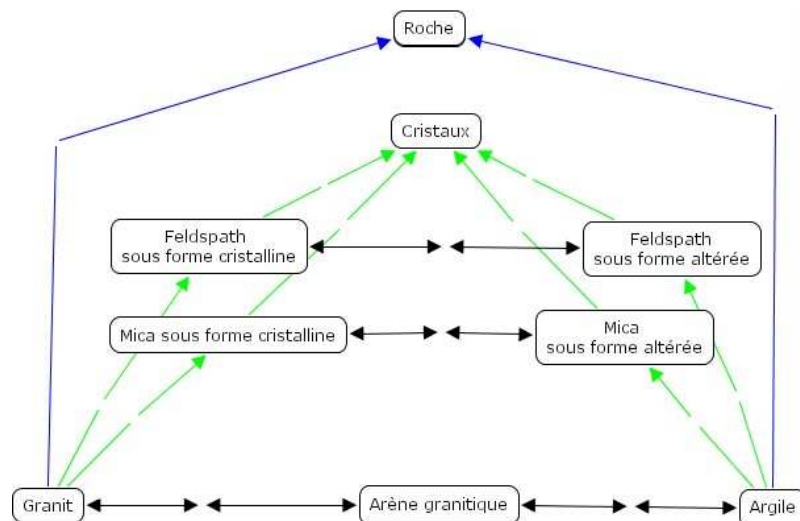


FIG.6 - Organisation finale faite à partir des associations conceptuels précédentes

### 3.3.1 Le module de navigation : « la commande sémantique »

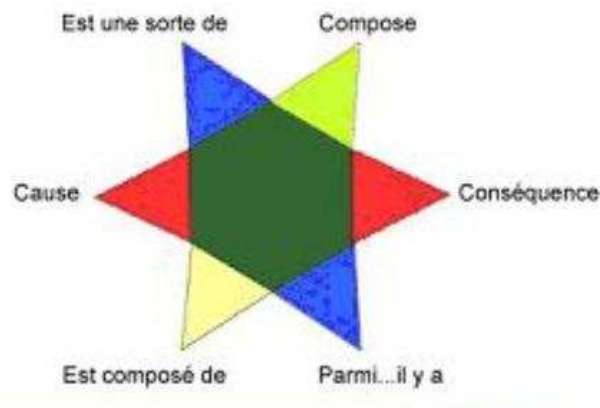


FIG.7 - Les 6 déplacements et actions possibles avec la commande sémantique (version schématique présente dans la condition 3)

Ainsi, « la commande sémantique » traduit et utilise des articulations langagières et cognitives orientées spatialement, ce qui rend chaque clic sur un lien, significatif sur trois niveaux :

- Sémantique : Les relations ontologiques sont sémantiques de par leur contenu et celui des documents.
- Logique : Les relations ontologiques sont proprement logiques du fait de la catégorisations et des hiérarchies qu'elles proposent (Zibetti et al., 2001).
- Action : Le sens de déplacement est doublement porteur de sens, il signifie un mouvement dans les connaissances et dans l'hypermédia (Poitrenaud, 2001).

De plus, il y a adéquation structurelle entre :

- l'organisation des notions,
- les documents à parcourir,
- et la représentation de l'action,

de ce fait, une seule représentation est nécessaire, ce qui facilite fortement :

- l'apprentissage de la logique de fonctionnement du dispositif (Richard, 1983),
- la navigation,
- l'apprentissage,

car les 3 niveaux de signification et les 3 types de représentations sont rendus explicites sous le même format : « la commande sémantique ». Ainsi, cette navigation est fortement cohérente du point de vue ergonomique (Richard et Tijus, 2001) et fortement significative du point de vue cognitif.

En d'autres termes « la commande sémantique » est une grille de lecture, d'extraction, et d'analyse des connaissances du monde, où chaque nouveau concept est intégrable dans l'ontologie s'il est situé sur 1 des 3 axes (fig. 1).

## **4 Expérimentations**

### **4.1 Participants**

24 élèves de 5ème ont participé aux tests. Nous proposons ce test aux élèves de Cinquième pour être sûr qu'ils ne connaissent pas le contenu des chapitres utilisés pendant la passation.

Le niveau de connaissance sur le domaine des élèves a été évalué par un questionnaire qui montre que les élèves n'ont pas de difficulté avec la notion de paysage et de ses composants. Tous admettent volontiers que les paysages subissent des évolutions, par contre ce n'est que très rarement qu'ils leur donnent une origine géologique, pour eux les modifications des paysages sont généralement des transformations faites par l'Homme.

Les roches sont peu connues des élèves de 5ème, par exemple, ils ne les distinguent pas en granit en calcaire ou en une autre roche mais plutôt en caillou, rocher ou pierre, etc.

### **4.2 Matériel**

Les documents utilisés sont extraits des chapitres 1 et 2 du manuel Sciences de la Vie et de la Terre 4ème aux éditions Bordas.

Les thèmes de ces 2 chapitres sont la variété des paysages et leurs évolutions, la notion qui nous intéresse tout particulièrement est le fait que l'argile soit le résultat de transformations successives à partir du granit, car elle représente la plus longue lignée conceptuelle de notre ontologie.

#### **4.2.1 Le manuel existant**

La condition contrôle est une version allégée du manuel actuellement commercialisé. Sa structure est arborescente et nous avons supprimé les animations pour ne pas ralentir les recherches d'informations. La navigation se fait de documents en documents organisés par l'auteur.

## Modélisation ontologique des connaissances pour une lecture conceptuelle

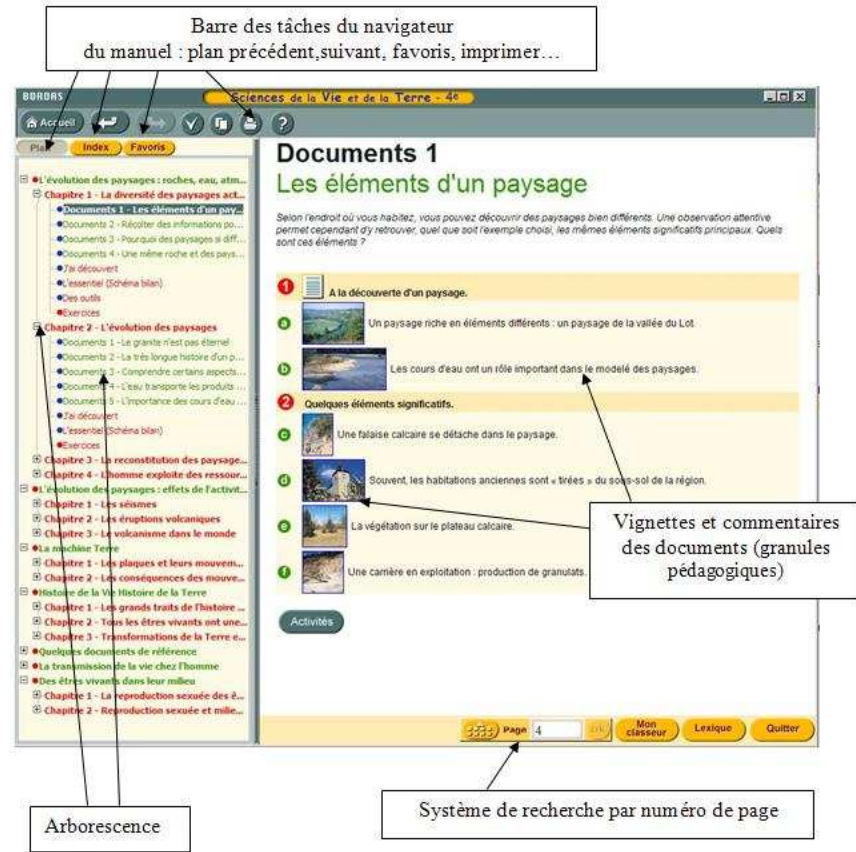


FIG.8 - les différents composants de la navigation dans le manuel existant

### 4.2.2 Les manuels avec la commande sémantique

Ces manuels sont les mêmes que ceux de la condition contrôle, auxquels nous avons ajouté la navigation par commande sémantique où les liens entre les documents explicitent la nature des relations entre les notions. Les liens peuvent être de 2 natures (liens textuels ou liens schématiques). Ces manuels seront testés sous 2 conditions différentes.

La spatialisation des connaissances est utilisée comme nous l'avons vu avant, dans la conception de l'hypertexte, mais nous ne l'avons rendue pleinement explicite que dans la condition 3 en présentant le système de commande sous forme schématique pour pouvoir évaluer son influence par rapport aux autres conditions.

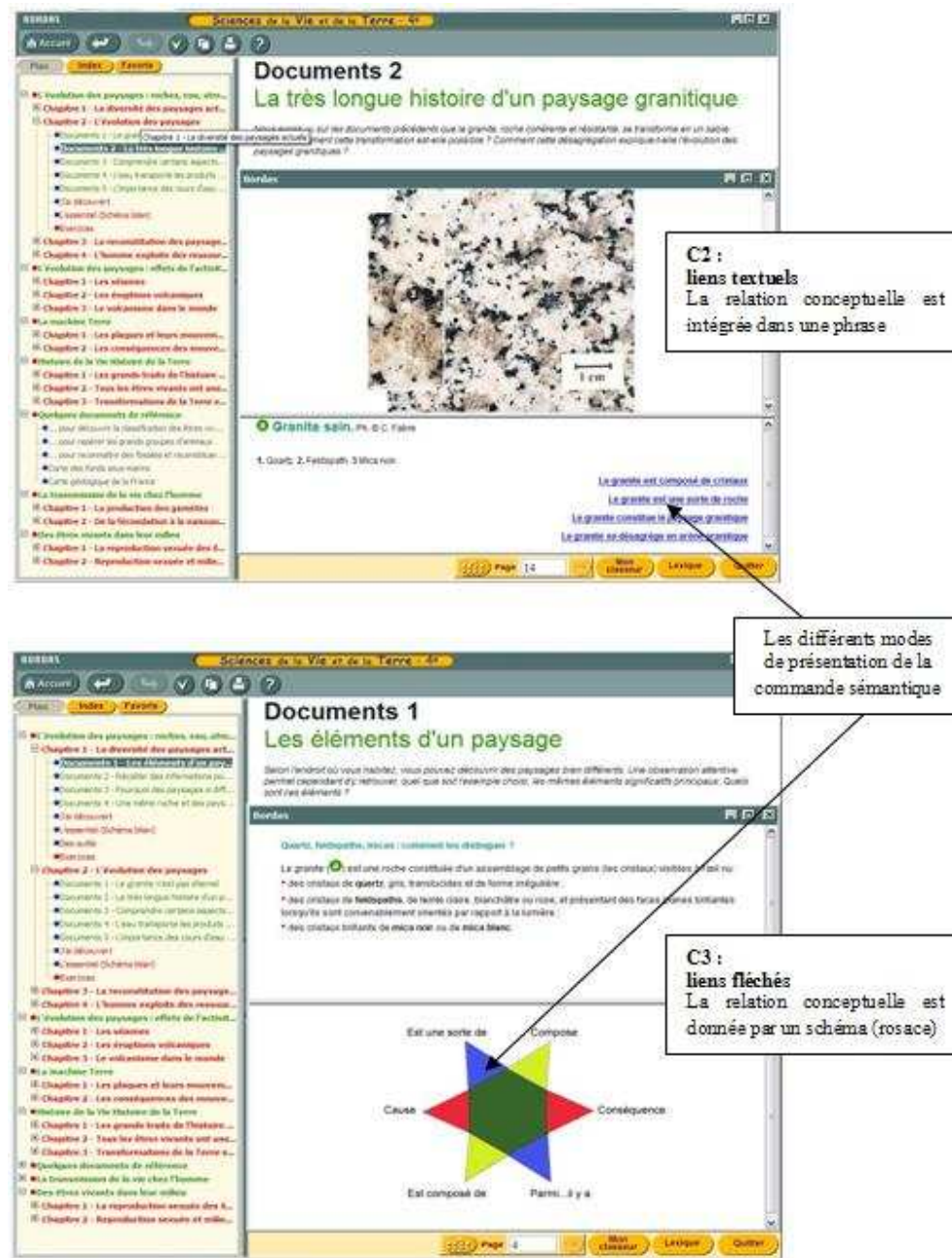


FIG.9 - Exemples d'écrans du manuel électronique SVT4ème éd. Bordas et de la commande sémantique (liens textuels et fléchés)

#### **4.2.3 Les conditions expérimentales**

Nous avons 3 conditions test :

- C1 : condition faite sur le manuel existant (condition témoin),
- C2 : Condition faite sur le manuel avec la commande sémantique version liens textuels (l'information est donnée sous forme langagière),
- C3 : condition faite sur le manuel avec la commande sémantique version liens schématiques (l'information est donnée sous forme schématique : le système de commande utilise pleinement la métaphore spatiale).

#### **4.2.4 Méthodologie d'observation**

Les informations étaient recueillies par deux systèmes d'enregistrement :

Une caméra qui filmait les comportements des enfants, leurs commentaires et leurs manipulations.

le logiciel de traces LogViz, (Damez 2006) qui enregistre les temps de recherche, le cheminement dans les documents et les temps de consultation pour chaque page.

Ce double dispositif permet de reconstituer les passations dans leur intégralité et de distinguer ce qui appartient aux participants et ce qui appartient aux hypermédias.

### **4.3 Procédures**

#### **4.3.1 La phase de familiarisation**

Les participants disposaient de 5 minutes pour se familiariser avec la navigation dans le manuel scolaire. L'expérimentateur vérifiait que les participants manipulaient correctement les fonctions de bases du navigateur. Cette phase de familiarisation était strictement la même pour tous les participants. Les élèves qui passaient les conditions avec hypermédia ontologique étaient prévenus juste avant le test de son existence. Il n'y avait pas de familiarisation pour la navigation par commande sémantique.

#### **4.3.2 La passation**

Le test consistait dans un premier temps à expliquer la formation de l'argile en faisant des recherches d'informations dans le manuel électronique. La transmission de la réponse se faisait oralement et se précisait au cours de la recherche. L'expérimentateur en fonction des explications des participants, provoquait un conflit cognitif (mise en évidence de phénomènes inexpliqués, d'incohérence de l'explication) ceci permettait de relancer la recherche sans donner d'informations. Les enfants disposaient de 30 minutes pour faire la recherche, le test s'arrêtait quand les participants estimaient qu'ils avaient trouvé la bonne explication (nous avons considéré comme valables les réponses que les participants donneraient lors d'un contrôle scolaire noté). La réponse attendue était que l'argile est le résultat de l'altération des cristaux de feldspath et de mica.

Dans un deuxième temps il était demandé aux participants s'ils avaient une idée de l'origine des feldspaths et des micas, nous attendions comme réponse qu'ils proviennent de la désagrégation du granit.

## **4.4 Hypothèses**

Nos hypothèses sont que :

- La structuration des connaissances facilite la recherche d'information
- La commande sémantique sous sa forme schématique réduit la désorientation
- Le formalisme qui délimite les concepts et les articule logiquement, facilite les manipulations conceptuelles
- Le dispositif dans son ensemble améliore la compréhension et la mémorisation

D'une manière générale ce qui ressort de nos développements et des observations expérimentales précédentes est l'importance de cette facilitation induite par la commande sémantique et les combinatoires de parcours qu'elle autorise dans les explorations des contenus. De là, on peut avancer le rôle positif des hypermédias ontologiques dans l'apprentissage orienté vers la recherche de concepts et notions au travers des connaissances.

Cette facilitation cognitive se manifeste particulièrement sous la forme d'intégrations de blocs de connaissances, propices au transfert d'ontologies. Sans doute, peut-on supposer ainsi, que ces intégrations cognitives sont d'autant renforcées par le fait que la présentation des concepts, « revisitée » grâce à la commande sémantique, emprunte des formes proches des processus qui caractérisent la cognition humaine.

La réorganisation des contenus du manuel, sous l'intervention active de l'apprenant, favorise ainsi les opérations intellectuelles de manipulation des connaissances. Leur mémorisation devient d'autant dynamique que sont mises en évidence les relations ontologiques entre concepts-clés, ce qui prouve que la signification entre concepts est essentiellement apportée par les types de relations qui vont venir à les lier.

## **5 Résultats**

### **5.1 Taux d'explication de la formation de l'argile**

Tous les participants ayant utilisé la commande sémantique ont donné la bonne réponse, alors qu'avec le manuel existant le taux de bonne réponse est de 50%. La commande sémantique rend plus certaine la recherche.

### **5.2 Temps de résolution**

Les temps moyen de recherche sont de 7'21 pour C1 (condition témoin), de 5'12 pour C2 (condition liens textuels) et de 6'18 pour C3 (condition liens schématiques). Les participants n'étaient pas familiarisés avec cette nouvelle navigation, ils l'ont découvert au cours du test et parviennent à une utilisation satisfaisante en 3 à 4 minutes, pour finalement être plus rapides qu'avec la navigation arborescente.

### **5.3 Taux d'explication de l'origine granitique de l'argile**

Tous les participants ayant réussi à expliquer le rapport de l'argile et du granit ont fait la recherche avec la commande sémantique.

Le manuel existant à structure arborescente ne semble pas permettre ce genre de rapprochement, tandis que la condition C2 le rend possible dans 25% des cas, la condition C3 permet dans 50% des passations la compréhension du lien entre les 2 roches. La condition C2 permet des recherches d'informations plus rapides que la C3 mais cette dernière semble rendre plus explicite les relations entre les connaissances

### **5.4 Nombre de page visitées**

La navigation optimale pour expliquer la formation de l'argile nécessite un parcours sur 4 pages et la consultation d'un seul document. Le nombre de pages visitées avec le manuel arborescent est de 51 pages en moyenne, alors qu'avec la commande sémantique ce chiffre descend à 23 pages pour la commande sémantique (33 pages pour C2 et 16 pages pour C3). La navigation dans les hypermédias ontologiques est nettement plus efficace, elle réduit de plus de moitié le nombre de pages consultées par rapport à une recherche d'information faite dans un hypermédia arborescent.

### **5.5 Taux de pages revisitées**

Le taux de pages revisitées est de 47% avec le manuel arborescent tandis qu'il est de 31% avec les manuels dont la navigation se fait via la commande sémantique (36% pour C2 et 25% pour C3).

Le temps de consultation pour chaque page est de 5,6 secondes avec le manuel arborescent, ce temps de lecture augmente nettement avec l'hypermédia ontologique : 9,3 secondes (7,2 secondes pour C2 et 11,5 secondes pour C3). Ce résultat peut s'expliquer par la différence des taux de pages revisitées observé. La consultation d'une page varie de 10 à 30 secondes selon sa nouveauté et sa pertinence, certaines pages ne sont pas ou plus lues, c'est le cas des pages revisitées, ce sont simplement des pages de transit ou de passage : dès que le participant les a reconnues comme telles, il continue sa navigation.

### **5.6 Lecture en survol**

La lecture en survol est observable en condition C1, c'est une conséquence des organisations arborescentes. Cette lecture consiste à consulter les contenus des chapitres sans ouvrir les documents. Les participants consultent les vignettes et leurs intitulés sans aller plus en profondeur. Cette navigation est justifiée par une démarche rationnelle et systématique de la recherche. Elle donne au participant, une fausse impression d'exhaustivité de la consultation du manuel alors qu'elle reste superficielle du point de vue des notions et des documents. Les élèves qui sont incités à utiliser cette stratégie reproduisent à l'identique des cycles (de pages) de consultations, ce qui montre une difficulté à se repérer et à prendre ses marques dans l'hypermédia. On parle ici de désorientation car il s'agit plus de difficultés dues à la navigation pour trouver ou retrouver les pages pertinentes que de cycles de



vérifications nécessaires et incompressibles observables dans toute recherche d'informations complexes.

### **5.7 Effets des liens textuels (C2)**

Nous avons vu que C2 et C3 permettent des recherches plus rapides et plus efficaces que C1. Il existe néanmoins des différences entre C2 et C3, C2 étant plus rapide et C3 facilitant davantage la compréhension. La condition C2 ne pose pas de problème d'utilisation car le système de lien textuel est généralisé dans les hypermédias et sur Internet. On remarque après analyse des vidéos que l'information sémantique fournie par C2 dans les liens textuels est un facteur important dans la restitution des explications. Ces liens textuels contiennent intrinsèquement l'information sous forme langagière. De ce fait, les élèves ayant compris la logique du dispositif peuvent facilement donner des informations sur la formation de l'argile sans que les relations entre les différentes notions soient nécessairement bien comprises. Ils peuvent facilement expliquer le rapport entre 2 notions, ils ont « les mots pour le dire », mais sont plus en difficulté qu'en C3, pour expliquer le phénomène de la formation de l'argile dans sa globalité. S'ils voient les liens entre les concepts établis par les relations, ils ne voient pas les liens entre ces binômes de concepts. Ces derniers, sous forme de liens contextuels, sont présentés en liste. Cette présentation ne permet pas de rendre compte visuellement de l'organisation sur 3 axes qui existe entre les « binômes conceptuels » ce qui a pour conséquence de limiter la taille des regroupements conceptuels de 2 à 3 associations de binômes et de provoquer des erreurs de navigation dues à la non-orientation des déplacements faits avec les liens textuels.

### **5.8 Effets des liens schématiques (C3)**

La présence de la métaphore spatiale dans la condition C3 gomme cette difficulté, « les élèves savent où ils vont », ils ne sont pas désorientés.

On voit également une nette facilitation de la compréhension des rapports entre les différentes notions du domaine. La compréhension est plus globale, les chaînes d'associations conceptuelles sont plus longues qu'en C2, on observe fréquemment en fin de passation des chaînes de 4 à 6 associations bien intégrées ou expliquées de manière cohérente. Les liens fléchés facilitent l'intégration ou l'emboîtement des connaissances. La condition C3 avec sa métaphore spatiale favorise nettement la construction de grandes représentations de connaissances, ce qui a un effet immédiat sur la mémorisation, la compréhension et la navigation. Néanmoins la condition C3, ne donne pas l'information sous forme verbale, « les élèves n'ont pas les mots pour le dire », ils connaissent la structure et les articulations des connaissances sans connaître leurs contenus, ils sont obligés de se référer au document pour obtenir le matériel verbal. Ceci a pour conséquence de ralentir la navigation et de donner une importance capitale à la lecture des contenus.

Ce type de navigation incite à traiter de manière concomitante l'organisation et le contenu des connaissances pour les juxtaposer dans une même représentation. Ce type de navigation oblige à faire un effort de traitement cognitif par rapport aux autres conditions, mais renforce et rend bien plus efficace l'apprentissage.

## 6 Discussion-Conclusion

L'élève, en utilisant la commande sémantique est libre du choix de ses documents cibles comme dans tout hypertexte, mais :

Comme l'accès à un document peut se faire de 6 manières avec la commande sémantique, l'élève possède un véritable choix dans sa navigation. De ce fait la navigation que propose la commande sémantique est véritablement hypertextuelle.

De plus, la représentation schématique qui rend compte de l'organisation en 3D (métaphore spatiale), réduit nettement la désorientation.

Les expérimentations ont montré la pertinence et la puissance de la commande sémantique en tant qu'outil pédagogique et cognitif :

Elle propose et permet un formalisme efficace pour délimiter les concepts en jeu (calibration conceptuelle).

En exhibant de la sorte, l'orientation des axes et l'environnement conceptuel, elle favorise la catégorisation des connaissances et par là, contribue à les structurer et à les comprendre. Le découpage standardisé qu'elle offre, facilite en effet, les manipulations langagières et le raisonnement centré sur les concepts.

Deux conséquences majeures en découlent :

La conceptualisation se traduit en termes de spatialisations permettant à la fois une représentation en 3D (selon les axes) et une vue d'ensemble des connaissances organisées, mettant au jour les lacunes à combler et les gradations à respecter (cartographie conceptuelle) ;

Les parcours personnels sont d'autant favorisés que ce guidage demeure à tout moment disponible, appuyant la navigation dans les connaissances. Navigation réfléchie : on peut conclure qu'avec un tel dispositif, l'élève devient véritablement acteur du manuel, l'auteur de son propre parcours pédagogique et que tous les parcours réalisés avec la commande sémantique sont pédagogiques.

Ce type d'interface par ses caractéristiques fortement explicatives peut trouver de nombreuses applications, comme par exemple les modes d'emploi, les didacticiels et les aides logiciels. Ses propriétés organisationnelles peuvent également faciliter l'utilisation des grandes bases de données, de notes des entreprises, on peut même imaginer des encyclopédies et des dictionnaires utilisant ce fonctionnement. De manière générale, il apporte un gain pour tous les recueils de documents destinés à la lecture et à la consultation.

## Références

- Barcenilla, J., Leproux, C., & Poitrenaud, S. (2002). Analogie et Ergonomie Cognitive : Expérimentation and Simulation. Métaphore et Analogie. Traité des Sciences Cognitives. Paris: Hermes, pp.
- Bever T. et Rosenbaum P. (1970) Some lexical structures and their empirical validity in R.Jacobs and P. Rosenbaum (eds) Readings in English Transformational Grammar, Blaisdell
- Bouchon-Meunier B., Tijus C., Demarcy C., Leproux C., Poitrenaud S., Renaud S.,Giraudon V. et De Vulpillière T.Conception guidée utilisateur et aides aux apprentissages, Actes des journées scientifiques du réseau des sciences cognitives d'Ile de France (2004).
- Bruillard, E., & de La Passardière, D. (1998). Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage. In A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques. Paris : Hermès.
- Cordier F. (1993), Les représentations privilégiées. typicalité et niveau de base. Lille, Presses Universitaires de Lille.
- Damez M. Méthode de récolte de traces de navigation sur interface graphique et visualisation de parcours. Article pour démonstration de logiciel, EGC 2006
- Desmoulins C. & Grandbastien M., Des ontologies pour la conception de manuels de formation à partir de documents techniques, Sciences et techniques éducatives, n°3/4, Vol 9, pp 291-340 (2002).
- Keil F.C.(1989), Concepts, kinds and cognitive development, Cambridge, ma, the MIT press,
- Keil F.C.(1979), Semantic and conceptual development : an ontological perspective, Cambridge, Cognitive sciences series
- Norman, D. A. (1988). The psychology of everyday things. New York: Basic Books.
- Poitrenaud, S., Richard, J.F., & Tijus, C.A., (2005). Properties, Categories and Categorization. Thiking and Reasonong, 11, 151-208
- Poitrenaud S. (2001), Complexité cognitive des interactions Homme-Machine Modélisation par la méthode ProcOpe, Paris, L'Harmattan.
- Rabardel P. (1995) Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains, Paris, PUF
- Richard, J.F., & Tijus, C.A. (1998). Modelling the Affordances of Objects in Problem Solving. Analise Psicologica about Cognition and Context, Special Issue, 293-316.
- Richard, J. F. (1983). Logique du fonctionnement et logique de l'utilisation. Rapport de recherche INRIA N° 202.

## Modélisation ontologique des connaissances pour une lecture conceptuelle

- Scapin, D. (1986). Guide ergonomique de conception des interfaces homme-machine, rapport INRIA n°77.
- Tijus, C. & Cordier, F. (2003). Psychologie de la connaissance des objets : catégories et propriétés, tâches et domaines d'investigation. *L'année Psychologique*, 103, 2, 87-120.
- Tijus, C. A. (2001). Contextual Categorization and Cognitive Phenomena. In: Akman, V., Bouquet, P., Thomason, R., & Young, R. A., *Modeling and Using Context*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 316-329
- Tijus, C.A., Poitrenaud, S., & Barcenilla, J. (1997). Semantics Networks of Action for Conception and Evaluation of Interfaces. *Revue Internationale de Systémique*, 11, 95-107
- Tijus, C.A., Poitrenaud, S., & Richard, J.F. (1996). Propriétés, Objets, Procédures: les Réseaux Sémantiques d'Action appliqué à la Représentation des Dispositifs Techniques. *Le Travail Humain*, 59, 209-229.
- Tricot, A., Pierre-Demarcy, C. and El Boussarghini, R. Un panorama des recherches consacrées à l'étude de l'activité mentale de l'utilisateur d'un hypermédia. In E. Bruillard and B. de La Passardièrre (Eds.), *Le livre électronique*, Paris, Hermès, 1998, pp. 371-400.
- Vignaux, G. (2005). Une approche cognitive de l'argumentation, *L'Argumentation aujourd'hui*, Paris, Presses Sorbonne Nouvelle,.
- Vignaux, G.(2005) Construire le sens : catégories, frontières, ajustements. Presses de l'Université Laval, Québec.
- Vignaux, G. (2003).Du signe au virtuel : les nouveaux chemins de nos intelligences, Paris, Seuil, 220p.
- Vignaux, G. (1999)). *Penser & Organiser. Le démon du classement*, Seuil, Le temps de penser, Paris, 107p.
- Zibetti, E., Quera, V., Tijus, C., & Beltran, F. (2001). Reasoning Based on Categorization for Interpreting and Acting: a First Approach. *Mind and Society*, 4(2), 89-106.

## Summary

Electronical schoolbooks designs are clasically based on the procedural knowledge coming from the paper editing industry. In order to exploit the best of the EICT potentiality, we have imagined an electronical schoolbook of a new kind giving a real hypertextuality in the documents structuring, in the readers speech and in the users navigation. In this ontological hypermedia, concepts are organized in a 3 semantical dimensions space. Navigation operates on 3 ontological and bijective axis where any movement corresponds to a sentence that links 2 concepts by one of the 3 possible relations. Each move is also logically, semantically and on the action significant. The reader creates his own pedagogical path with his moves. The conceptual formalism and the navigation proposed here reduce disorientation, improve the information research and increase significantly comprehension and reasoning.