SATELIT, un Outil d'Explicitation de Connaissances Hypermédias *

Catherine Faron & Quyen Kieu
LAFORIA-IBP, Université Paris VI
4, place Jussieu
75252 Paris Cedex 05
Tel. 44.27.71.19 Fax. 44.27.70.00
e-mail: {faron, kieu}@laforia.ibp.fr

RESUME
Cet article est consacré à la présentation du système SATELIT qui utilise les techniques d'intelligence artificielle et celles des hypermédias pour organiser et mémoriser des informations. Plus précisément, SATELIT est un outil d'acquisition de descriptions structurelles d'objets dans un formalisme de représentation qui se prête à l'indexation de documents hypermédias. Nous dégagerons les apports mutuels de la base de connaissances et des hypermédias; nous exposerons la méthode d'explicitation des connaissances sur laquelle est bâti le système et nous mettrons en évidence l'utilisation qui en est faite pour construire automatiquement le système hypermédia.

MOTS CLES
SATELIT, Système hypermédia, Système à base de connaissances, Explicitation des connaissances, Taxonomies, Graphes de Sowa.

** article ayant fait l'objet d'une communication le 5 Avril 1995 aux "Journées d'Acquisition des Connaissances" et paru dans les actes du colloque.*

1. Introduction

Dans les sciences d'observation telles que la botanique, la zoologie ou l'archéologie, les objets sont décrits par des textes, des dessins, des croquis et classifiés au sein de taxonomies, l'ensemble constituant une extraordinaire quantité d'informations. Ces informations sont répertoriées sur des supports papiers (catalogues, planches de dessins, etc) qui s'accumulent dans les bibliothèques et les musées, menacés par le temps de détérioration et d'oubli. Une parade à cette perspective est de mémoriser sur support informatique ces textes, images, croquis, classifications et plus précisément de concevoir des systèmes hypermédias intégrant ces divers documents. Un accès simple et rapide à ces informations nécessite leur organisation; nous nous proposons pour cela de faire appel aux techniques d'intelligence artificielle et d'indexer ces informations à l'aide de connaissances structurées et représentées dans le formalisme des graphes conceptuels.

Le système SATELIT que nous avons conçu est destiné à la construction de descriptions structurelles dans le formalisme de représentation élaboré des graphes conceptuels qui se prête à l'indexation de documents hypermédias sur ces descriptions. Plus précisément, SATELIT est un outil d'acquisition de taxonomies par explicitation des descriptions des taxons et des traits qui discriminent ces derniers les uns des autres.

La partie 2 introduit sur un exemple en botanique la structuration des informations au sein d'un système hypermédia et la représentation sous-jacente des objets. La partie 3 présente le système à base de connaissances hypermédia en dégageant les apports mutuels de la base de connaissances et des hypermédias. Du point de vue de ces derniers, le formalisme d'expression des connaissances facilite l'accès aux informations et leur mise à jour. Symétriquement, des documents hypermédias, graphiques et textuels, illustrent les connaissances formalisées et en clarifient ainsi la signification. La partie 4 expose la méthode d'acquisition qu'utilise SATELIT et met en évidence son adéquation à l'élaboration d'une *Base de Connaissances hypermédias (BCH)*.

2. Exemple

Nous décrivons dans cette partie la mémorisation d'informations à l'aide de SATELIT et exposons la représentation formelle des objets qui organise le système. Nous illustrons notre propos par un exemple en botanique, la classification des Orchidées [Lecoufle, 81], en soulignant comment la structuration des connaissances de ce domaine se prête à une formalisation à l'aide des graphes conceptuels.

2.1. La famille des Orchidaceae

Les orchidées sont des plantes *phanérogames monocotylédones*; elles forment une famille dans l'ordre des *Orchidales*: la famille des *Orchidaceae*. Celle-ci se divise en sous-familles, tribus et sous-tribus; les sous-tribus se divisent encore en genres qui se divisent eux-mêmes en espèces. En Orchidophilie, les objets sont donc regroupés selon leurs similitudes pour constituer des classes encore appelées en botanique taxons; ces taxons sont organisés au sein de structures hiérarchiques ou taxonomies.

2.2. Représentation formelle

Chaque taxon est identifié par la description commune à toutes les orchidaceae membres; cette description est structurée (une orchidée est décrite par ses parties et sous-parties et les caractéristiques de celles-ci), de telle sorte qu'elle est exprimable sous la forme d'un graphe

conceptuel *(figure 1a)*. La taxonomie établie sur les *Orchidaceae* est représentée, dans le formalisme des graphes conceptuels, par une hiérarchie de généralisation définie sur les taxons (ou sur les graphes qui les définissent); sa racine est la description générique d'une Orchidacea, ses feuilles sont celles des espèces, les noeuds internes décrivent les taxons intermédiaires *(figure 2)*. Rappelons qu'un graphe conceptuel est un graphe biparti, qui possède donc deux types de noeuds: les noeuds *concepts* et les noeuds *relations conceptuelles*; les concepts utilisés dans la description des taxons sont des couples <type de concept, référent>; les types de concepts sont organisés en un treillis qui compose, avec l'ensemble des référents, le vocabulaire du domaine *(figure 3)*.

2.3. Représentation informatique

A chaque taxon sont attachés, outre sa représentation formalisée sous forme de graphe conceptuel *(figure 1a)*, divers documents: textes, croquis ou photos *(figures 1b et 1c)*. Similairement, à chaque type de concepts sont associés la liste des référents compatibles avec lui et pour chacun de ces référents des croquis et une description textuelle qui en précisent le sens. Ces regroupements de documents autour d'un élément de la base de connaissance (un taxon ou un type de concepts) constituent les noeuds d'information du système hypermédia. S'ajoutent encore deux noeuds d'information au statut particulier: l'un représente la taxonomie*(figure 2),* l'autre le treillis des types de concepts *(figure 3)*. On accède alternativement aux noeuds-taxons à partir de la taxonomie et aux noeuds-types de concepts à partir du treillis.

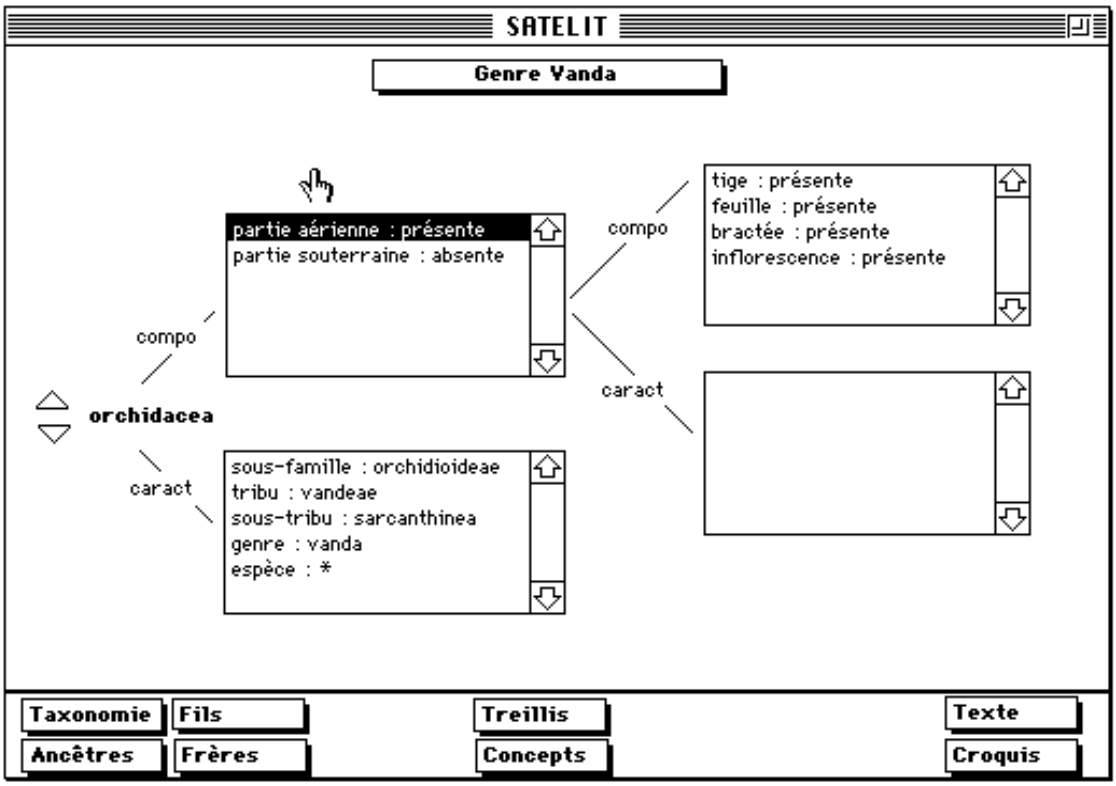

figure 1a. Informations attachées au genre Vanda

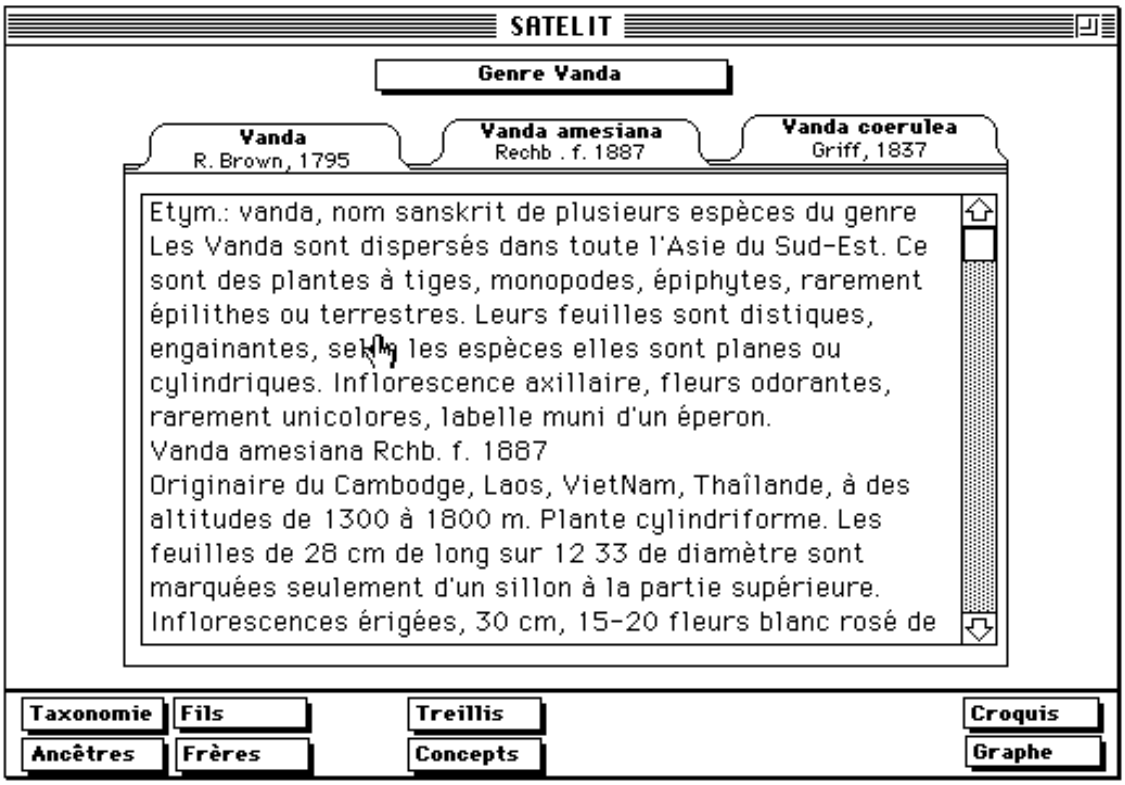

figure 1b. Informations attachées au genre Vanda

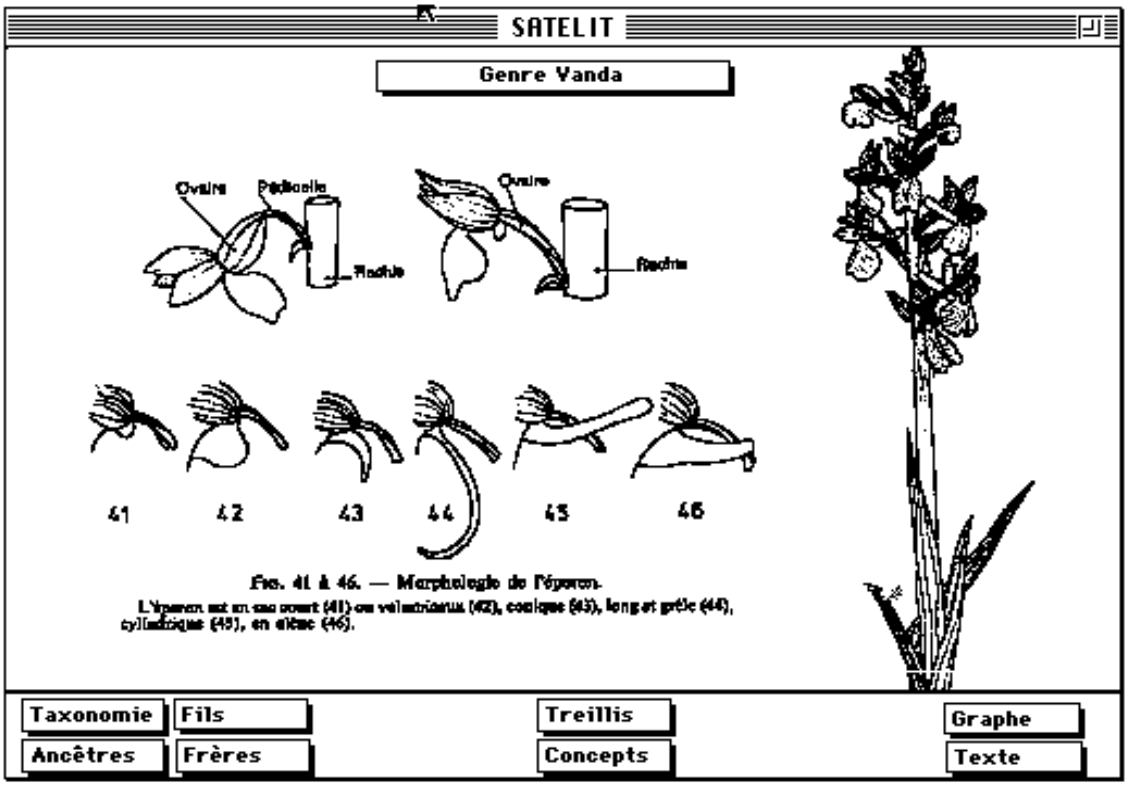

figure 1c. Informations attachées au genre Vanda

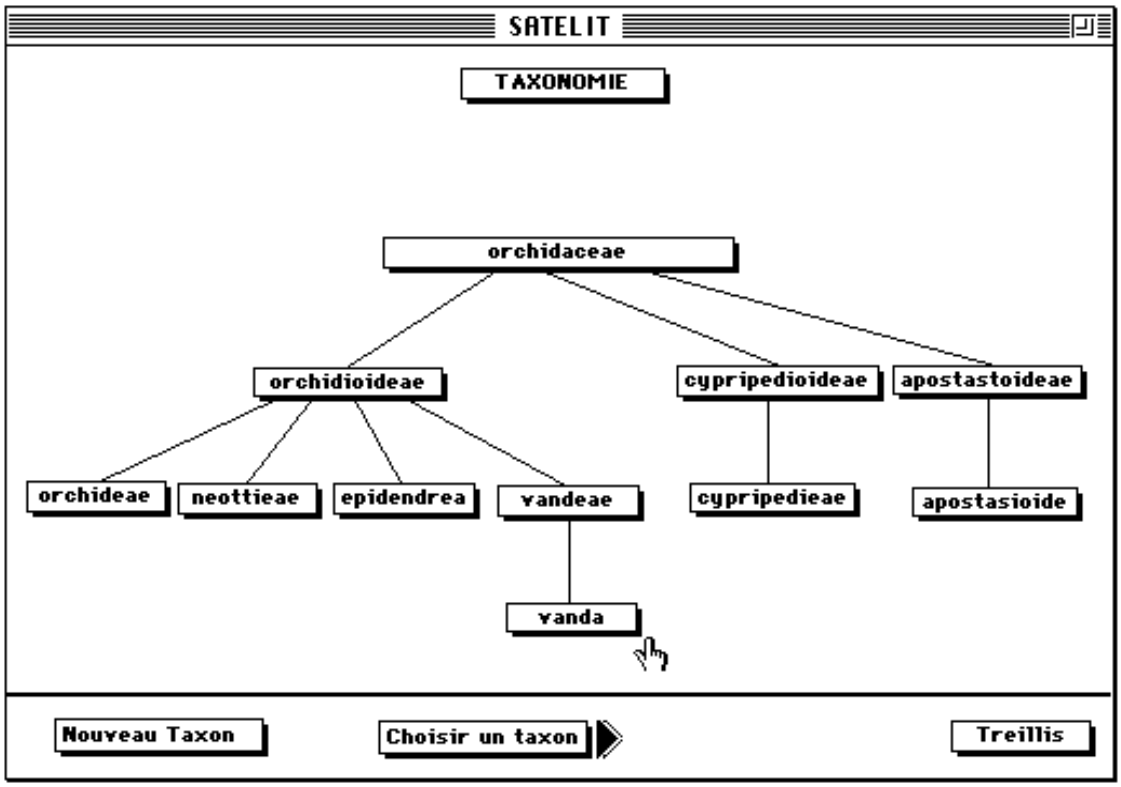

figure 2. Accès aux informations par la taxonomie

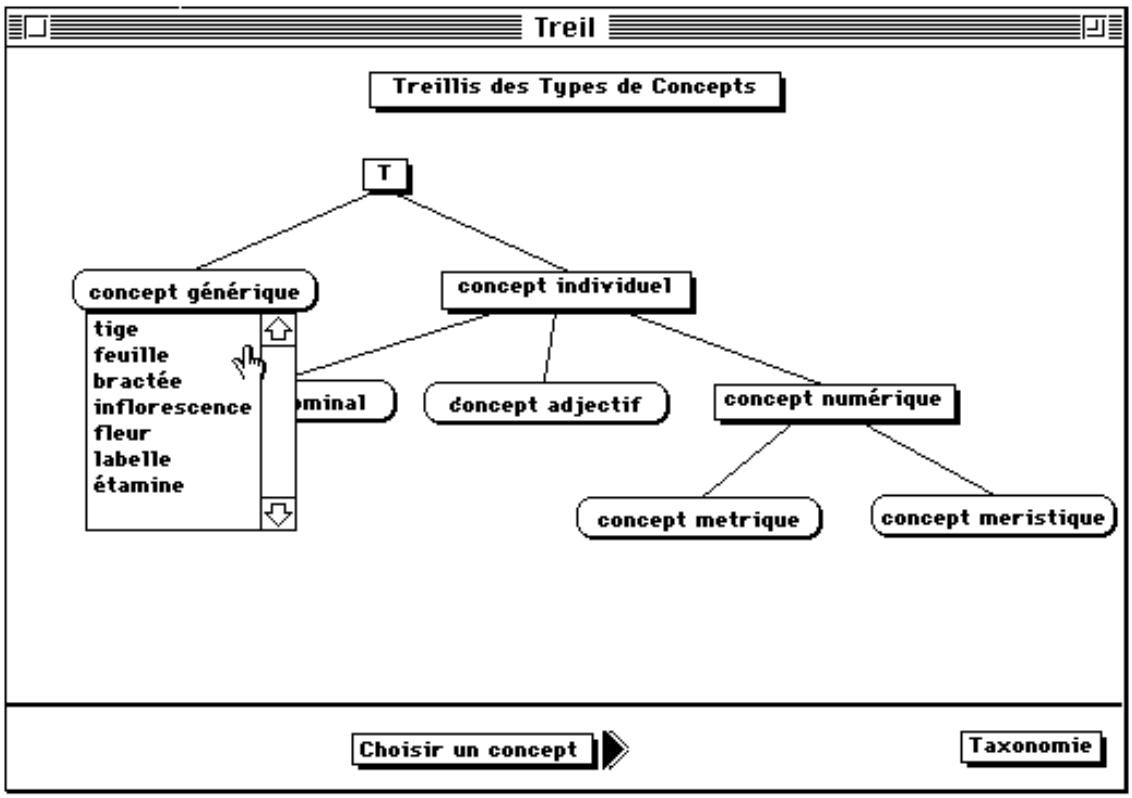

figure 3. Accès aux informations par le treillis des types de concepts

Notre objectif est d'offrir, avec SATELIT, un outil générique d'acquisition de connaissances et de documents hypermédias, destiné à la mémorisation et l'organisation d'informations dans des domaines tels que l'orchidophilie, la botanique, la zoologie, la géologie, ..., domaines dans lesquels les connaissances sont structurées.

3. SBC Hypermedia

Nous appellerons un tel système, qui intègre une représentation formalisée des objets du domaine et différentes informations corrélées, un *Système à Base de Connaissances Hypermédia (SBCH)*. Ceci signifie que des documents hypermédias sont indexés aux objets d'une base de connaissances (BC).

3.1. Une BC pour un système hypermédia intelligent

Nous présentons dans cette partie l'association entre BC et système hypermédia, cette association étant vue ici du point de vue des hypermédias.

Les concepteurs de systèmes hypermédias s'accordent sur la nécessité d'introduire des connaissances dans ces systèmes pour améliorer l'accès à l'information. Certains tentent d'extraire des connaissances à partir de documents déjà introduits dans le système en faisant appel à des techniques de *détection de structures* [Satoh & all, 93]; d'autres introduisent des connaissances lors de la construction du système en typant les noeuds d'information et les liens entre ces noeuds ([Nanard & all, 93], [Nanard, 91], [Hofmann & all, 90]). Cependant, si ces procédés de structuration étendent les possibilités de manipulation de l'information, ils ne permettent pas de véritable raisonnement, en ce sens que les connaissances explicitées ne sont pas formalisées.

Parallèlement, un autre thème de recherche est l'acquisition de connaissances à partir de textes ([Bourigault & Lépine 94], [Guerdoud & Lebbe, 94]). Des connaissances sont extraites de documents textuels mais, à l'inverse des travaux précédemment cités, cette explicitation ne se place pas dans la perspective d'offrir un accès aux informations contenues dans les textes: une base de connaissances formalisées constitue la finalité du travail.

Nous montrons que des connaissances formalisées offrent des procédures d'accès plus larges et plus "intelligentes" à l'information, nous accordant en cela avec [Boy, 91] qui propose d'acquérir une BC à partir de documents textuels et envisage alors la recherche d'information sur ces documents comme une résolution de problème.

3.1.1. Navigation et Recherche classiques

Les deux principales structures dans lesquelles sont organisées les informations forment deux espaces principaux de navigation: la taxonomie d'une part, le treillis des types de concepts d'autre part. La taxonomie est explorée en cheminant le long des *liens de parenté* définis entre les noeuds d'information représentant les taxons: à partir d'un taxon, sont accessibles ses fils et son père (parcours arborescent), ainsi que ses frères (parcours séquentiel). Un réseau analogue de liens entre les noeuds d'information représentant les types de concepts permet de parcourir l'espace en respectant sa structure de treillis.

Des réseaux secondaires de navigation sont définis sur chaque noeud-taxon et chaque noeud-type de concepts, chacun étant vu comme un ensemble de noeuds d'informations.
Un taxon est un noeud d'information composé de:
1. une description par un graphe conceptuel;
2. l'ensemble des traits qui le distinguent de ses frères dans la taxonomie;
3. éventuellement, une description textuelle, une illustration par un croquis, une image;
4. d'autres documents peuvent encore être indexés à la demande des utilisateurs, en fonction des applications envisagées (documents sonores, fiches techniques, ...).

Pour un même taxon, à partir d'un de ces éléments, des liens d'accès sont déterminés vers les autres éléments (parcours ensembliste).

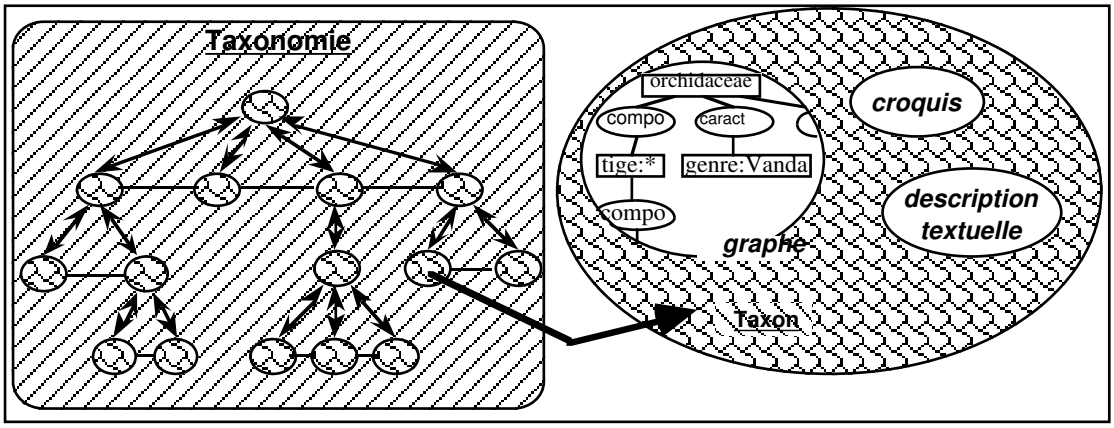

figure 4a. Navigations dans la BCH

Un type de concepts est un noeud d'information composé de:
1. l'ensemble des référents qui lui sont conformes;
2. documents graphiques éclairant la signification des référents;
3. éventuellement, d'autres documents précisant quels référents sont pertinents pour un contexte donné (cf. partie 3.2.).
De même que pour les noeuds-taxons, des liens d'accès existent entre les différents documents qui composent un noeud-type-de-concept.

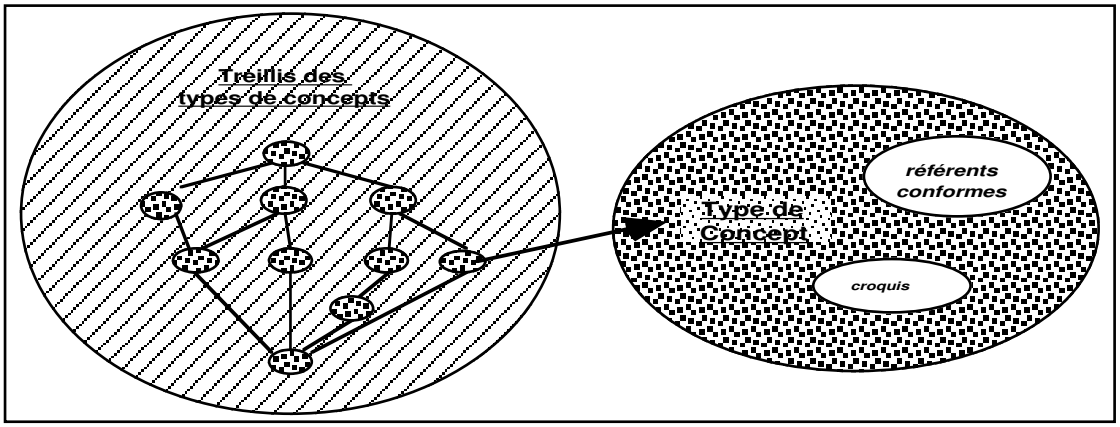

figure 4b. Navigations dans la BCH

3.1.2. Possibilités de recherche d'information étendues

Dans les systèmes hypermédias classiques, les possibilités de navigation et de recherche d'information sont réduites à l'exploration du réseau d'informations en suivant les liens entre les noeuds; les critères de spécification du noeud cherché sont limités (nom, profondeur du noeud dans l'arborescence, ...). Dans un système hypermédia enrichi de connaissances formalisées, on accède plus rapidement et plus intelligemment à l'information.

L'utilisateur a la possibilité de formuler plus précisément sa demande d'information: les critères de recherche peuvent faire intervenir les propriétés des noeuds vus comme des objets d'un formalisme mathématique. La recherche se ramène à une manipulation formelle de connaissances. Par exemple, si l'utilisateur souhaite accéder à un sous-arbre particulier de la taxonomie, il se contentera de donner une description partielle de la racine du sous-arbre des taxons réponses. De la sorte, il pourra poser des questions du type "Quel est l'ensemble des *orchidaceae* dont la *forme* de l'inflorescence est *spiralée*?".

Le SBC accroît également les possibilités de navigation dans le système d'information. Un passage entre les deux espaces principaux de navigation (treillis des types de concepts et taxonomie) est conçu en exploitant les liens *dynamiques* entre un type de concepts présent

dans la description d'un taxon et le noeud d'information qui représente ce type de concepts. A partir d'un noeud d'information taxon sont accessibles les noeuds d'information relatifs aux types de concepts présents dans la description de ce taxon; inversement, à partir d'un noeud d'information type de concepts et en sélectionnant un référent, on accède aux noeuds d'information relatifs aux taxons dans la description desquels le type de concepts est instancié par le référent sélectionné. Notons de plus que l'acquisition repose sur la recherche de traits discriminants (cf. partie 4.2.). Ainsi, à chaque taxon, sont associés l'ensemble des traits qui discriminent ses fils les uns des autres et l'ensemble de ceux qui le distinguent de ses frères. L'utilisateur peut donc choisir un fils ou un frère du noeud taxon courant en instanciant un trait discriminant (ou une conjonction de traits): il cherche par exemple à explorer les seules espèces du genre *Vanda* dont la *couleur* du labelle est *blanche.* La navigation n'est plus alors un cheminement sur des liens prédéfinis mais un tracé de route *dynamique* c'est-à-dire la recherche d'un taxon à l'aide de sa description formalisée.

A mesure que les capacités de la base de connaissances sont exploitées, l'accès à l'information (en mode de navigation ou de recherche d'information) est donc moins dépendant d'un réseau prédéfini de liens entre noeuds. L'interrogation du système n'est plus envisagée comme la recherche d'un noeud d'information en cheminant sur ce réseau mais comme la recherche d'*une information, qui figure sur un noeud*, à l'aide de structures d'inférence sur le SBC.

3.2. Un système hypermédia pour un SBC

Symétriquement, l'introduction d'hypermédias dans le SBC est avantageuse. Ils précisent de manière informelle la signification des connaissances de la base et contribuent ainsi au contrôle de celles-ci.

En tant que noeuds d'informations d'un système hypermédia, les taxons et les types de concepts sont enrichis par des informations non représentables dans le formalisme des graphes conceptuels. Un graphe conceptuel ne rend pas compte de toutes les nuances d'une description textuelle du taxon à définir ni de celles du croquis d'un spécimen de ce taxon. De la même manière, des croquis aideront à préciser le sens des référents des types de concepts. Plus précisément, les nuances entre référents d'un même type de concepts sont parfois difficilement appréhendables sans illustration: *forme lancéolée, oblongue ou ovale* d'une feuille d'orchidée; les référents d'un type de concepts sont également très dépendants du domaine ou même de la partie de l'objet qui est décrite: la *forme* devient *unique, cylindrique, lâche et serrée, lâche et courte, sphérique, etc* pour caractériser l'inflorescence d'une orchidée.

Ces exemples témoignent de l'acuité du langage auquel un expert a recours pour décrire les objets de son domaine. Non seulement une part des connaissances explicitées échapperait aux novices du domaine sans documents textuels ou graphiques additionnels, mais encore des incompréhensions entre experts du même domaine seraient susceptibles d'apparaître du fait d'ambiguïtés entre leurs langages respectifs. L'intégration de documents textuels et graphiques contribue donc efficacement à réduire la tâche de compréhension et de contrôle des connaissances acquises.

4. Acquisition d'une BCH

Habituellement, la structure des systèmes hypermédias est figée. La gestion des noeuds d'informations et des liens entre ces noeuds n'est pas accessible à l'utilisateur; toute modification du système (destruction, ajout d'un document et mise à jour des liens) lui est interdite; elle est du ressort du programmeur.

Avec SATELIT, nous acquérons simultanément la base de connaissances et les noeuds du système hypermédia, de telle sorte que le réseau d'informations est créé et maintenu

continuement, au fur et à mesure de l'explicitation de nouveaux éléments de la BC. Nous nous démarquons en cela des approches précédemment citées (cf. 3.1.) qui envisagent une explicitation de connaissances postérieure à l'acquisition des documents.

4.1. Acquisition simultanée des documents hypermédias et des connaissances

La correspondance entre les noeuds d'information et les objets du formalisme des graphes conceptuels structure le système hypermédia; les noeuds d'information et les liens entre ces noeuds coïncident respectivement avec les objets du formalisme et avec les relations définies sur ces objets. De la sorte, les noeuds d'information sont créés incrémentalement, en même temps que les connaissances sont élicitées, lorsqu'un nouveau taxon ou un nouveau type de concepts est acquis. La création des liens entre les noeuds est automatisée en faisant appel à une procédure d'acquisition définie sur le formalisme de représentation des connaissances (cf. partie 4.2.).

Symétriquement, l'aspect hypermédia du système constitue une interface utilisateur du module d'acquisition et réduit ainsi la charge cognitive de l'expert du domaine à la seule tâche d'élicitation des connaissances. Non seulement l'expert n'a pas à se préoccuper de l'ingénierie mise en oeuvre mais il bénéficie encore d'un système d'aide sous forme de séquences animées activables illustrant chaque étape de l'acquisition. Il peut également à tout moment accéder facilement à la BC acquise en consultant le système hypermédia: les connaissances élicitées sont directement structurées et opérationnalisées. L'expert du domaine est ainsi plus autonome, en même temps que la tâche de l'ingénieur de la connaissance est allégée.

4.2. Méthode d'acquisition des connaissances

Une description générique des objets doit être initialement définie par l'expert sous la forme d'un graphe conceptuel; ce graphe constitue la racine de la hiérarchie de généralisation c'est-à-dire l'ancêtre commun à tous les taxons. La hiérarchie de généralisation qui représente la taxonomie est réduite à ce graphe. La description demandée à l'expert est minimale et pourra être augmentée incrémentalement (par jointure) chaque fois que de nouveaux concepts devront être introduits pour discriminer un taxon nouvellement acquis *(figure 6)*. Les types de concepts utilisés dans ce graphe sont introduits dans le treillis. Ce dernier est initialement formé de primitives de langage choisies pour leur caractère discriminant [Faron, 93]. Nous avons ainsi défini des types de types de concepts : le type de concepts *forme* est du type *concept-adjectif*, *inflorescence* est du type *concept-composant (figure 3)*.

Nous faisons appel à une méthode d'acquisition des connaissances dans le formalisme des graphes conceptuels basée sur l'utilisation des opérations de spécialisation définies sur ce formalisme [Sowa, 84]. Cette méthode a été développée dans [Aïmeur & Ganascia, 93]. Le processus d'acquisition de la taxonomie est incrémental; les taxons sont décrits un à un, ils héritent chacun de la description de leur père dans la hiérarchie de généralisation qui est spécialisée par restriction de concepts en interrogeant l'expert. Ainsi, la famille Orchidioideae est décrite à partir du graphe Orchidaceae en restreignant les concepts génériques [sous-famille : *] et [étamine-2 : *] *(figure 5)*. Ceci signifie que pour la sous-famille Orchidioideae la fleur n'a pas de seconde étamine.

Chaque nouveau taxon acquis est discriminé de ses frères déjà présents dans la taxonomie en recherchant un trait (ou une conjonction de traits) qui permette de distinguer sa description de celles de ses frères et qui soit jugé pertinent par l'expert. La représentation des taxons et leur indexation dans la hiérarchie de généralisation permettent une automatisation aisée de la phase de discrimination des taxons: le système recherche les traits qui discriminent un taxon de ses frères par comparaison d'arbres deux à deux avec des heuristiques de parcours liées aux primitives de langage; nous faisons ainsi appel aux notions d'absence/présence d'un composant dans l'objet, nous distinguons les caractéristiques de

l'objet selon qu'elles sont instanciées par des noms, des adjectifs ou des valeurs numériques.. Ainsi, le trait [fleur: présent]-->(composé-de)-->[étamine2: *] distingue la sous-famille *Cypripedioideae* de la sous-famille *Orchidioideae* précédemment acquise: celle-ci a une étamine (le référent de étamine2 est ***absent***) alors que celle-là en a deux (le référent de étamine2 est ***présent***).

En cas d'échec de la tentative de discrimination automatique du dernier taxon décrit, l'expert est requis pour augmenter la description de ce taxon, celle de son père et celles de ses frères en les spécialisant par jointure avec un trait Cpt_i-*Rel*-Cpt_j ; la restriction du nouveau type de concepts Cpt_j introduit sur les frères doit alors permettre de les discriminer. Par exemple, lors de l'introduction de la sous-famille *Apostasioideae*, la présence d'une seconde étamine ne suffit plus pour distinguer toutes les sous-familles les unes des autres, les *Apostasioideae* ayant une seconde étamine comme les Cypripedioideae. Aucun autre concept présent dans leurs descriptions ne permet de discriminer ces deux sous-familles, aussi faut-il augmenter ces descriptions ; l'expert proposera de préciser la présence d'un *staminode* sur le gynostère de la fleur des Cypripedioideae qui distingue cette sous-famille de ses soeurs qui n'en ont pas *(figure 6)*.

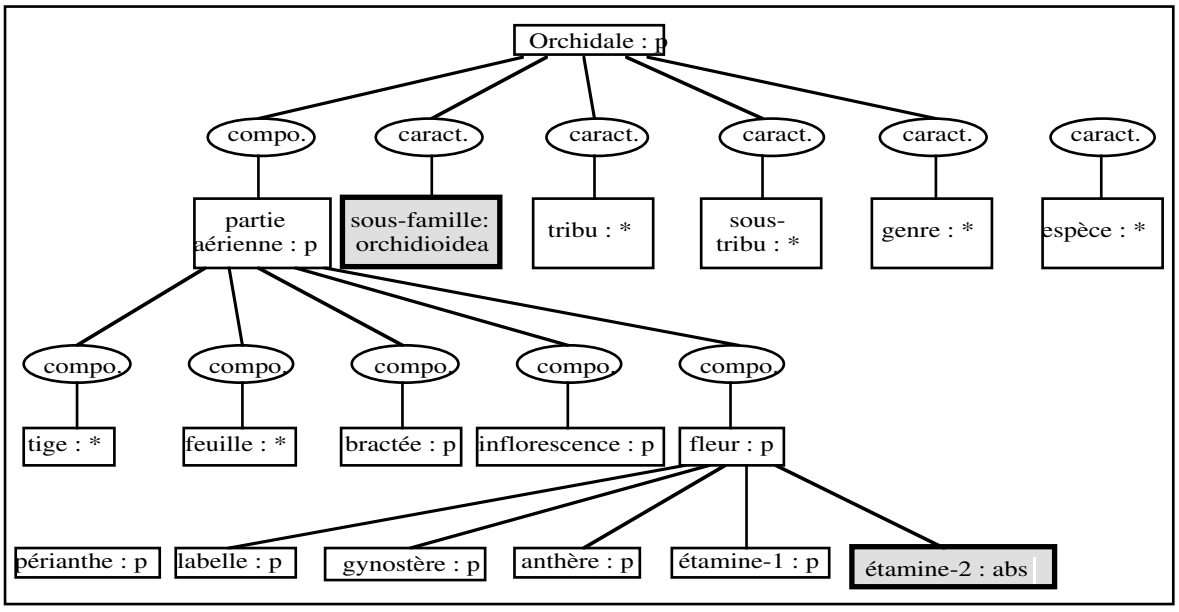

figure 5 . Description de la sous-famille Orchidioideae à partir de celle de sa famille Orchidaceae

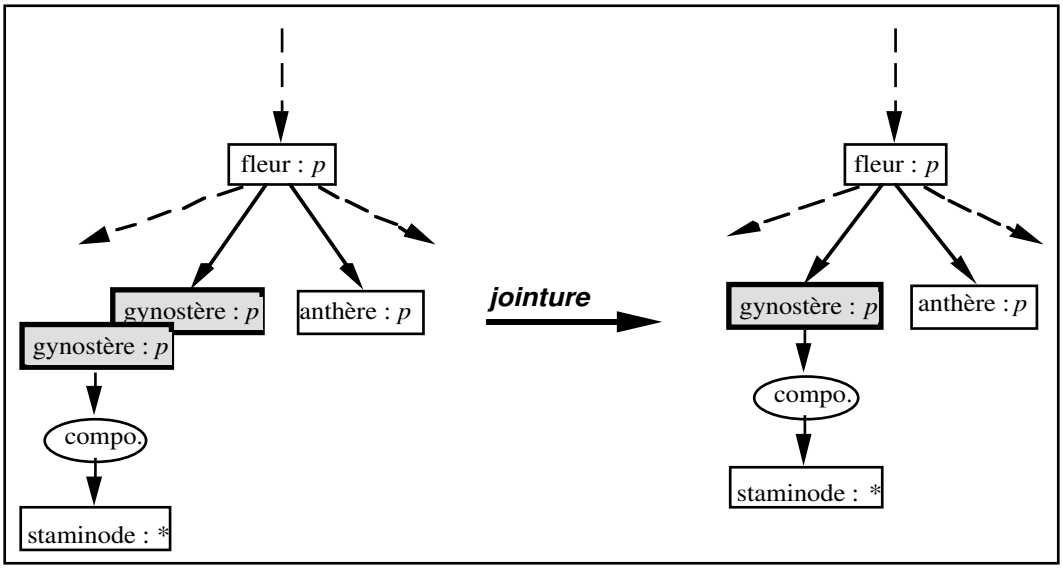

figure 6 . Augmentation de la description des sous-familles

Une des difficultés pour construire un langage de description est le choix des concepts du langage. Notre ambition n'est pas d'élaborer un langage universel mais plutôt de le définir en fonction d'un but, ce but étant la discrimination sur les classes d'objets définies. Il ne s'agit donc pas simplement d'acquérir *des* descriptions et de déduire ensuite des traits discriminants, encore faut-il déterminer *les* descriptions qui permettent effectivement de discriminer.

5. Conclusion

Nous avons présenté SATELIT, système d'acquisition de connaissances et de documents hypermédias, en montrant comment l'incrémentalité du processus d'acquisition et la formalisation des connaissances facilitent la création et la maintenance du système hypermédia. Nous avons mis en évidence les avantages d'une base de connaissances formalisées pour un mode de consultation des informations plus intelligent. Les avantages d'un système hypermédia pour la base de connaissances résident, quant à eux, dans le pouvoir d'expression des documents hypermédias, supérieur à celui des descriptions formalisées des objets de la BC.

L'état présent de SATELIT est un système d'acquisition: il a permis l'acquisition d'une BCH en orchidophilie, riche d'une centaine de taxons. Les possibilités de navigation sur une BCH acquise avec SATELIT ne sont pas toutes mises en oeuvre; les procédures de recherche d'informations ne sont pas implémentées. Notre projet immédiat est donc de développer notre système pour permettre un accès aux connaissances et informations acquises tel qu'il est décrit dans cet article. Nous envisageons également d'intégrer à SATELIT un système d'identification d'objets qui utiliserait les traits discriminants explicités.

Dans le même temps, nous nous attachons aux fondements théoriques de notre système en nous efforçant d'étendre le formalisme de représentation des connaissances qu'utilise SATELIT et d'adapter sa méthode d'acquisition afin qu'il soit capable d'expliciter des descriptions de taxons exceptions dans la taxonomie, et cela, en assurant que la structure de discrimination explicitée permette encore l'identification d'objets.

Dans une autre perspective, nous nous proposons d'étudier dans quelle mesure SATELIT pourrait répondre aux besoins de mémorisation et de formalisation d'information dans des domaines autres que ceux de la systématique. Par exemple, [Karsenty, 95] et [Attipoe, 94] mettent en évidence de tels besoins dans les projets de conception.

7. Bibliographie

[Aïmeur & Ganascia, 93]
E. Aïmeur & J.G Ganascia
Elicitation of Taxonomies Based on the Use of Conceptual Graph Operators
ICCS : First International Conference on Conceptual Structures, 1993

[Aïmeur, 94] E. Aïmeur
METIS: un système et une méthode d'explicitation de taxinomies destinés à l'identification de structures conceptuelles
Thèse de doctorat de l'université de Paris 6, 1994

[Attipoe, 94] A. Attipoe
Construction d'un Modèle de Connaissances pour la Documentation Technique
Rapport Eurisco, T-94-013, Déc. 1994

[Boose & Bradshaw, 93] J.H. Boose & J.M. Bradshaw
"Expertise Transfer and Complex Problems : using AQUINAS as a KnowledgAcquisition Workbench for Knowledge-Based Systems"
Readings in Knowledge Acquisition and Learning, Morgan Kaufmann Publishers, 1993

[Bourigault & Lépine, 94] D. Bourigault, P. Lépine
Méthodologie d'utilisation de LEXTER pour l'acquisition de connaissances à partir de textes
JAC'94, Troisièmes Journées Acquisition des Connaissances du PRC-GDR-IA du CNRS

[Boy, 91] G. Boy
Computer Integrated Documentation
NASA Technical Memorandum 103870, Sept. 1991

[Faron, 93] C. Faron
Acquisition d'une classification : la représentation et la discrimination des classes
Mémoire de DEA IARFA, 1993

[Guerdoud & Lebbe, 94] M. Guerdoud, J. Lebbe
Une structuration des connaissances adaptée à partir de textes en Systématique
JAC'94, Troisièmes Journées Acquisition des Connaissances du PRC-GDR-IA du CNRS

[Hofmann & all, 90] M. Hofmann, U. Schreiweis, H. Langendörfer
An Integrated Approach of Knowledge Acquisition by the Hypertext System CONCORDE
Hypertext : Concepts, Systems and Applications
Proceedings of the European Conference on Hypertext, INRIA, France, Nov 1990

[Lecoufle, 81] M. Lecoufle
Orchidées exotiques
La Maison rustique, 1981

[**Nanard, 91]** J. Nanard & M. Nanard
Using Structured Types to incorporate Knowledge in Hypertext
Hypertext'91 3rd ACM Conference on Hypertext Proceedings, 1991

[**Nanard & all, 93]** M. Nanard, J. Nanard, A.M. Massotte, J. Chaussé, A. Djemaa, A. Joubert, H. Betaille
La métaphore du généraliste: Acquisition et utilisation de la connaissance macroscopique sur une base de documents techniques
JAC'93, Deuxièmes Journées Acquisition des Connaissances du PRC-GDR-IA du CNRS

[Karsenty & all, 95] L. Karsenty, A. Attipoe, M. Durstewitz, D. Lafrique
La communication via documents dans les projets de conception
01Design'95, janv. 1995

[Satoh & all] S. Satoh, A. Takasu, E. Katsura
A Collaborative Supporting Method between Document Processing and Hypertext Construction
IEEE, 93

[Sowa, 84] J.F. Sowa
Conceptual structures : Information Processing in Mind and Machine
Addison-Wesley Publishing Co, 1984