# THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ PARIS 6

Spécialité : **Informatique**

**Présentée pour obtenir le titre de**
**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS 6**

**par**

**Irina AKOULCHINA**

# SAGE : un agent intelligent d'interface pour un hypermédia à base de connaissances taxinomiques fonctionnant dans l'environnement du Web.

Soutenu le 20 Octobre 1998

devant le jury composé de :

| | | |
|---|---|---|
| MM. | **Guy Boy** | Rapporteur |
| | **Norbert Cot** | Rapporteur |
| | **Jean-Gabriel Ganascia** | Directeur de thèse |
| | **Nathalie Mathé** | Président du jury |
| | **Jean-Pierre Briot** | Examinateur |
| | **Bill Turner** | Examinateur |

## SAGE : un agent intelligent d'interface pour un hypermédia à base de connaissances taxinomiques fonctionnant dans l'environnement du Web

Les agents intelligents doués de capacité d'apprentissage, en s'appuyant sur les techniques de l'intelligence artificielle et celles de la recherche d'information, construisent un modèle de l'utilisateur afin d'adapter l'interface à celui-ci. L'objectif des travaux présentés dans cette thèse est de développer un tel agent intelligent pour le système SATELIT. Cet hypermédia, enrichi des possibilités de recherche d'information fonctionnant sur le Web, est basé sur les connaissances taxinomiques, c'est-à-dire qu'il mémorise et gère les objets regroupés en classes organisées hiérarchiquement sous forme de taxinomies. Grâce à l'agent intelligent **SAGE** (**S**ATELIT **AGE**NT), l'interface de SATELIT devient adaptative, ce qui permet à l'utilisateur de s'orienter dans l'espace de navigation du Web. SAGE analyse les actions de navigation des utilisateurs et essaie d'inférer le but final de leur recherche. Nous proposons une classification des agents fonctionnant sur le Web selon leur sphère d'activité et nous distinguons l'agent SAGE comme un nouveau type d'agents. Ainsi, pour suggérer à l'utilisateur de visiter certaines pages Web ou d'explorer certains outils spécifiques de SATELIT, SAGE intègre les méthodes des agents dont la sphère d'activité n'est pas limitée et les techniques des hypermédias adaptatifs utilisant des connaissances acquises préalablement sur le domaine d'application. Nous évaluons l'efficacité de SAGE et la comparons avec celles d'autres agents intelligents.



## SAGE : an intelligent interface agent for a hypermedia based on taxonomic knowledge and functioned on the Web environment

The intelligent learning agents based on the artificial intelligence and information retrieval methods construct a user model in order to adapt the interface to him. Our aim is to develop one of these agents for the SATELIT system. SATELIT is a hypermedia information retrieval system implemented on the Web. It is based on the taxonomic knowledge that memorize and manage objects clustered into hierarchical classes organized into taxonomies. Thanks to intelligent agent SAGE (**S**ATELIT **AGE**NT) the SATELIT's interface becomes adaptive, that allows the user to be guided in the browsing Web space. SAGE analyses the user's browsing actions and tryes to infer its end search goal. We propose one classification of Web-based agents according to their activity sphere on the Web, and we distinguish SAGE as a new agents' type. Thus, in order to suggest the user to visit some Web pages or to explore some specific SATELIT's tools, SAGE integrates the methods of Web-based agents with unlimited activity sphere and adaptive hypermedia techniques that use previously acquired domain knowledge. We evaluate SAGE's efficiency and we compare it with the other intelligent agents.

**REMERCIEMENTS**

Je voudrais avant tout manifester ma profonde gratitude à Jean-Gabriel Ganascia, professeur à l'Université Paris VI, qui a dirigé mes travaux de thèse pendant quatre ans. Son attention permanente à mon travail, ses critiques et ses suggestions persuasives, sa patience et sa compréhension quotidiennes à mon égard m'ont permis de mener à bon terme mes activités de recherche. Son enthousiasme pour l'Intelligence Artificielle et pour la Science en général m'ont servi de fil conducteur dans mon travail.

Je remercie vivement le Professeur Guy Boy, Directeur de l'Institut EURISCO (European Institute of Cognitive Science and Engineering) à Toulouse, pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail et pour avoir accepté de rapporter sur ma thèse. Ses connaissances dans le domaine des hypermédias modernes qu'il m'a communiquées lors de mon stage au sein de son équipe, m'ont été très utiles pour mes recherches. Ses remarques de rapporteur m'ont beaucoup aidé à mieux présenter le mémoire de thèse.

Je remercie beaucoup le Professeur Norbert Cot, Directeur du Laboratoire d'Intelligence Artificielle de l'Université René Descartes (Paris-V) (LIAP-5) d'avoir accepté de rédiger un rapport sur ma thèse. Ses connaissances, à la fois dans le domaine d'interfaces « intelligentes » et dans le domaine de systématique, sa bienveillance et ses conseils judicieux m'ont été très précieux.

Je remercie très chaleureusement le Docteur Nathalie Mathé de NASA Ames Research Center Computational Sciences Division, de présider mon jury de thèse malgré son éloignement et son emploi du temps fort chargé. Je remercie également Jean-Pierre Briot, chargé de recherches CNRS au Laboratoire d'Informatique de Paris-6 (LIP6) et Bill Turner, ingénieur de recherche à Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur d'Orsay (LIMSI), de faire partie de mon jury de thèse. Leurs nombreux commentaires et remarques m'ont permis d'approfondir mes réflexions.

Je tiens énormément à remercier mes amis de « la tour 66 » Catherine Faron, Raphaël Rispoli, Myriam Darricau, Quyen Kieu, Jean-Daniel Zucker, Pierre-Yves Rolland, Christophe Meyer, Isabelle Bournaud et les autres pour leur aide précieuse lors de multiples relectures de cette thèse et pour les commentaires pertinents lors de mes exposés devant notre équipe. Leur bonne humeur inaltérable et leurs qualités humaines ont créé l'atmosphère d'amitié et de collaboration qui m'ont entouré abondamment toutes ces années de recherche. J'exprime ici ma gratitude particulière à Catherine Faron pour son attention touchante et son encouragement permanent tout au long de ces années de notre travail commun et bien sûr, pour ses innombrables interventions durant la rédaction de cette thèse. Je suis aussi très reconnaissante à Jean-Daniel Zucker, Maître de Conférence de l'Université Paris-6, qui m'a entraîné dans le monde passionnant d'agents intelligents d'interface.

Je remercie également tous les autres « acasiens » et « lip-sixiens », particulièrement Isabelle Moulinier, Stephan Grolimund, Geber Romalho, Mourad Sefroui, Sawsan El Kassar et Min-Jung Yoo pour les discussions fréquentes qui m'ont été très fructueuses.

Je suis très reconnaissante à mon amie Irina Tchoumatchenko, grâce à qui j'ai eu l'idée de venir en France pour poursuivre mes recherches. Son attention incessante à l'égard de mon travail et ses conseils constants m'ont soutenu considérablement tout au long de ces années. Je lui exprime ici toute mon amitié.

Etant une boursière du Gouvernement Français, j'ai bénéficié pendant quatre ans d'un support financier du Ministère des Affaires Etrangères et du Ministère de l'Education Nationale. Je remercie tout particulièrement Monsieur Jean-Paul Baskevitch, l'attaché culturel de l'Ambassade de France à Moscou, pour tout le soin qu'il a pris en examinant mon dossier et à m'accordant la prolongation de bourse indispensable pour mener à bien mes travaux.

Je remercie enfin mon mari Damien et ma belle famille Deramond pour leur encouragements quotidiens, leur confiance en moi et leur soutien moral lors de deux dernières années, décisives, de mes recherches. Je remercie également ma famille et mes nombreux amis et collègues russes qui ont toujours cru aux bons résultats de mon travail. Leurs lettres et appels chaleureux m'ont aidé à mieux supporter la nostalgie de mon pays et à m'adapter en France.

Nous nous sommes noyés dans l'information, mais nous restons affamés de connaissances.

*John Naisbitt of « Megatrends »*

A l'avenir, les agents seront l'unique moyen d'explorer l'Internet, parce que quelle que soit la structure qu'on lui donne, il ne peut pas tenir compte de l'augmentation d'information...

*Bob Johnson, analyste de Dataquest Inc.*

... Les agents ne sont pas là pour leur diversité, leur vaste spectre d'application, ni pour le nombre d'entreprises qui s'intéressent à eux. Parce que nous entrons de plus en plus dans l'âge informatique, n'importe quelle organisation basée sur informatique, qui n'investit pas dans la technologie d'agents, est vouée à un suicide par un hara-kiri commercial.

*Hyacinth S. Nwana*

# SOMMAIRE


1. INTRODUCTION ........................................................ 1

1.1. UN NOUVEAU PARADIGME D'INTERFACE « HOMME-MACHINE » .............. 1

1.2. APPRENTISSAGE, ADAPTATION ET ANTICIPATION DU COMPORTEMENT DE L'UTILISATEUR DANS LES SYSTEMES INTERACTIFS ........................................................ 2

*1.2.1. Apprentissage ........................................................ 3*

*1.2.2. Adaptation ........................................................ 5*

*1.2.3. Anticipation ........................................................ 6*

1.3. ACCUMULATION ET GESTION DE L'INFORMATION MEMORISEE EN SYSTEMATIQUE .............. 8

1.4. PRESENTATION DU MEMOIRE ........................................................ 14

2. HYPERMÉDIAS ADAPTATIFS ........................................................ 17

2.1. PROBLEMATIQUES DANS LE DOMAINE DES SYSTEMES HYPERMEDIA .............. 18

*2.1.1. Méthodes d'accès à l'information « en ligne » .............. 18*

*2.1.2. Systèmes hypermédias à base de connaissances .............. 22*

2.1.2.1. Introduction des connaissances à partir de données existantes .............. 23

2.1.2.2. Introduction de connaissances « à partir de zéro » .............. 24

***2.1.3.** Systèmes hypermédias de recherche d'information .............. 26*

2.2. ADAPTABILITE DES HYPERMEDIAS ........................................................ 29

***2.2.1.** Un modèle d'utilisateur pour une adaptation .............. 30*

2.2.1.1. Buts ........................................................ 31

2.2.1.2. Préférences ........................................................ 33

2.2.1.3. Connaissances de domaine ........................................................ 34

2.2.1.4. Expériences ........................................................ 36

***2.2.2.** Deux techniques de modélisation adaptative de l'utilisateur .............. 36*

*2.2.3. Agents intelligents doués de la faculté d'apprentissage .............. 39*

2.2.3.1. Connaissances fournies par l'utilisateur .............. 42

*2.2.4. Trois types d'apprentissage pour l'adaptabilité .............. 45*

2.3. METHODES ET TECHNIQUES DES EFFETS D'ADAPTATION .............. 49

*2.3.1. Présentation adaptative ........................................................ 50*

*2.3.2. Navigation adaptative ........................................................ 55*

2.3.2.1. Guidage directe ........................................................ 55

2.3.2.2. Support d'orientation ........................................................ 58

2.4. CONCLUSION ........................................................ 60

3. SATELIT - LE SYSTÈME HYPERMÉDIA À BASE DE CONNAISSANCES TAXINOMIQUES ........ 61

**3.1.** CONNAISSANCES TAXINOMIQUES ........ 62

***3.1.1.*** *Taxons et taxinomies* ........ *62*

***3.1.2.*** *Difficultés de représentation des connaissances taxinomiques* ........ *63*

*3.1.3. Choix du formalisme de représentation des connaissances taxinomiques* ........ *65*

3.2. FORMALISME DE GRAPHES CONCEPTUELS ........ 67

*3.2.1. Définition d'un graphe conceptuel* ........ *67*

*3.2.2. Support des graphes conceptuels* ........ *69*

***3.2.3.*** *Opérations sur les graphes conceptuels* ........ *72*

3.2.3.1. Opérations de généralisation des graphes conceptuels ........ 72

3.2.3.2.Opérations de généralisation des graphes conceptuels ........ 75

3.3. BASE DE CONNAISSANCES DE SATELIT ........ 76

*3.3.1. Support de construction des graphes conceptuels* ........ *77*

*3.3.2. Représentation d'un objet du domaine structuré* ........ *79*

*3.3.3. Représentation de la taxinomie* ........ *81*

***3.3.4.*** *Représentation de l'arbre d'identification des taxons et le typage des triplets* ........ *86*

3.3.4.1. Typage des triplets ........ 88

*3.3.5. Représentation du graphe de recherche d'information* ........ *90*

*3.3.6. Structure générale de la base de connaissances de SATELIT* ........ *93*

3.4. OUTILS D'INTERFACE DE L'UTILISATEUR ........ 98

*3.4.1. Outils d'interface pour l'expert* ........ *100*

3.4.1.1. Acquisition d'un nouveau taxon ........ 101

3.4.1.2. Modifications des descriptions de taxons ........ 107

3.4.1.3. Modifications des treillis des types de concepts et des types de relations ........ 111

*3.4.2. Outils d'interface pour le novice* ........ *114*

3.4.2.1. Interactions de l'utilisateur avec les outils standards de navigation du Web ........ 116

3.4.2.2. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans la Taxinomie ........ 117

3.4.2.3. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans le Graphe Conceptuel ........ 117

3.4.2.4. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans le Treillis des types de concepts ........ 118

3.4.2.5. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur avec l'outil de Recherche d'Information ........ 119

3.5. BESOIN D'UN AGENT INTELLIGENT DE NAVIGATION SAGE ........ 122

3.6. CONCLUSION ........ 125

4. AGENTS INTELLIGENTS SUR LE WEB ........ 127

4.1. PRESENTATION DE WORLD WIDE WEB (WEB) ........ 128

*4.1.1. Un peu d'histoire* ........ *128*

*4.1.2. Eléments du Web* ........ *129*

*4.1.3. L'interactivité de navigateurs* ........ *132*

4.2. AGENTS PASSIFS ET ACTIFS ........ 135

4.3. CLASSIFICATION DES AGENTS ACTIFS SELON LEUR SPHERE D'ACTIVITE ........ 139

*4.3.1. Agents dont la sphère d'activité n'est pas limitée* ........ *140*

4.3.1.1.Agents de la navigation autonome ........ 141

4.3.1.2.Agents actifs sondant des agents passifs ........ 150

4.3.1.3.Agents de collaboration ........ 151

*4.3.2. Agents dont la sphère d'activité est limitée à une « vue personnalisée » de l'utilisateur* ........ *153*

4.3.2.1. Agents de support d'orientation dans l'hyper-espace ........ 153

4.3.2.2. Agents de services des « bookmarks personnalisés » ........ 154

4.3.2.3. Agents de détection des changement intéressants des pages visitées ........ 156

*4.3.3. Agents actifs dont la sphère d'activité est limitée à une application* ........ *157*

4.3.3.1. Agents assistants aux auteurs des applications ........ 158

4.3.3.2. Agents de présentation adaptative ........ 162

4.3.3.3. Agents de navigation adaptative ........ 169

*4.3.4. SAGE comme un nouveau type d'agents actifs sur le Web* ........ *180*

4.4. CONCLUSION ........ 185

5. FONCTIONNEMENT DE L'AGENT INTELLIGENT SAGE ........ 187

5.1. ANALYSE DE TYPES D'ACTIONS POSSIBLES ........ 187

*5.1.1. Microactions de l'utilisateur* ........ *187*

*5.1.2. Macroactions de l'utilisateur* ........ *191*

*5.1.3. Types de suggestions* ........ *192*

5.2. CONSTRUCTION DU MODELE D'UTILISATEUR COMME UN SOUS-RESEAU PONDERE ........ 194

*5.2.1. Arguments servis, arguments concordants et leur importance* ........ *194*

*5.2.2. Recherche des arguments concordants* ........ *198*

5.2.2.1. Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « taxon » ........ 199

5.2.2.2. Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « concept » ........ 201

5.2.2.3. Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « triplet » ........ 203

*5.2.3. TFIDF comme une mesure de construction du réseau pondéré* ........ *207*

*5.2.4. Règles contraintes* ........ *212*

*5.2.5. Prise en compte des rétroactions d'utilisateur* ........ *214*

5.3. ARCHITECTURE ET L'ALGORITHME DE FONCTIONNEMENT DE SAGE ........ 219

5.4. CONCLUSION ........ 221

6. VALIDATION DE L'APPROCHE ........ 223

6.1. EXPERIMENTATIONS EFFECTUES ET RESULTATS OBTENUS ........ 223

*6.1.1. Procédé de tests* ........ *224*

*6.1.2. Analyse de résultats* ........ *225*

6.2. MESURES D'EVALUATION EN APPRENTISSAGE ET EN RECHERCHE D'INFORMATION ........ 227

*6.2.1. Méthodes et mesures d'évaluation en apprentissage* ........ *227*

*6.2.2. Méthodes et mesures d'évaluation en recherche d'information* ........ *228*

6.2.2.1. Précision, rappel et ndpm ........ 229

*6.2.3. Evaluation de performance de SAGE selon la mesure ndpm* ........ *230*

6.3. COMPARAISON DE L'EFFICACITE DE SAGE AVEC D'AUTRES AGENTS SUR LE WEB ........ 234

*6.3.1. Comparaison de SAGE avec les agents intelligents de navigation autonome sur le Web* ........ *235*

***6.3.2.*** *Comparaison avec les agents de troisième type* ........ *237*

6.4. CONCLUSION ........ 240

**7.** CONCLUSION GÉNÉRALE ........ 241

**7.1.** NOS CONTRIBUTIONS ........ 241

**7.2.** PERSPECTIVES ........ 245

7.3 LE FUTUR DES AGENTS INTELLIGENTS D'INTERFACE ........ 247

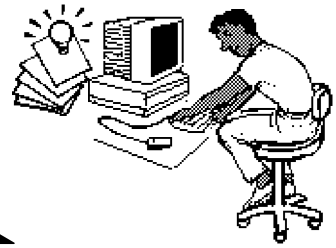
**8.** BIBLIOGRAPHIE ........ 248

ANNEXE A. **DESCRIPTION DE LA TAXINOMIE DU DOMAINE DE L'ORCHIDOLOGIE** ........ 265

ANNEXE B. **DESCRIPTION DU GRAPHE CONCEPTUEL DU TAXON *GOODYERA REPENS*** ... 267

ANNEXE C. **LES ACTIONS DE L'UTILISATEUR *NR5* ACCEPTANT LES CONSEILS DE SAGE POUR RECHERCHER LA PAGE WEB DEDIEE AU TAXON *GOODYERA REPENS* ET LES COMPOSANTS DU MODELE D'UTILISATEUR** ........ 268

# CHAPITRE 1



# Introduction

## 1.1. Un nouveau paradigme d'interface « homme-machine »

Au début des années 1980 un nouveau paradigme des *interfaces à « manipulation directe »* a été proposé [Shneiderman,82], [Whiteside,85]. La construction d'interfaces *centrées sur l'utilisateur* [Norman,86], [Ganascia,96] en est une idée centrale qui place l'homme au premier plan dans les rapports « homme-machine ». Au lieu de communiquer avec un « intermédiaire linguistique » dans le cadre d'interactions indirectes (langages de commandes, menus, formulaires, etc.), l'utilisateur perçoit désormais des objets de communication sous forme [1]d'icones et les manipule lui-même. Ainsi, au lieu de « faire faire », l'utilisateur fait. L'être humain n'est plus obligé de se plier à la « volonté » de l'ordinateur, d'étudier laborieusement des modes d'emploi détaillés avant de pouvoir se concentrer sur ses tâches individuelles.

*Les systèmes hypermédias* s'inscrivent au cœur pour du paradigme des interfaces à « manipulation directe ». Représentant une structure non linéaire de l'ensemble des

---

[1] Icone *n.m.* - un symbole dont le signifiant et le signifié sont dans une relation « naturelle » ([Larousse, 96]).

documents, les hypermédias sont organisés comme un réseau de noeuds liés par des relations associatives. Ces systèmes offrent ainsi des outils d'accès direct à l'information dirigé par l'utilisateur : *en naviguant* le long des liens d'un réseau, l'utilisateur explore différents noeuds d'information. Mais une telle liberté de déplacement dans le cadre de la manipulation directe soulève de nouvelles difficultés : l'utilisateur se perd facilement dans ce vaste espace de choix des actions possibles. Pour pallier à ce problème de « désorientation » de l'utilisateur lors de la manipulation directe du réseau hypermédia, une solution consiste à offrir à ce dernier un intermédiaire intelligent qui l'assiste dans des interactions indirectes. Cet assistant, invisible pour l'utilisateur, est destiné à aider ce dernier à s'orienter dans l'espace d'information exploré, interpréter ses directives, anticiper ses actions, et parfois prendre des initiatives. Un tel intermédiaire intelligent d'interface, appelé *agent* (cf. § 2.2.2.2.) élabore un *modèle adaptatif de l'utilisateur* et rend l'interface elle-même adaptative. Ainsi est né un nouveau paradigme de coopération « homme-machine », envisageant l'action directe et indirecte comme complémentaires, correspondant chacune à des besoins humains spécifiques (figure 1.1).

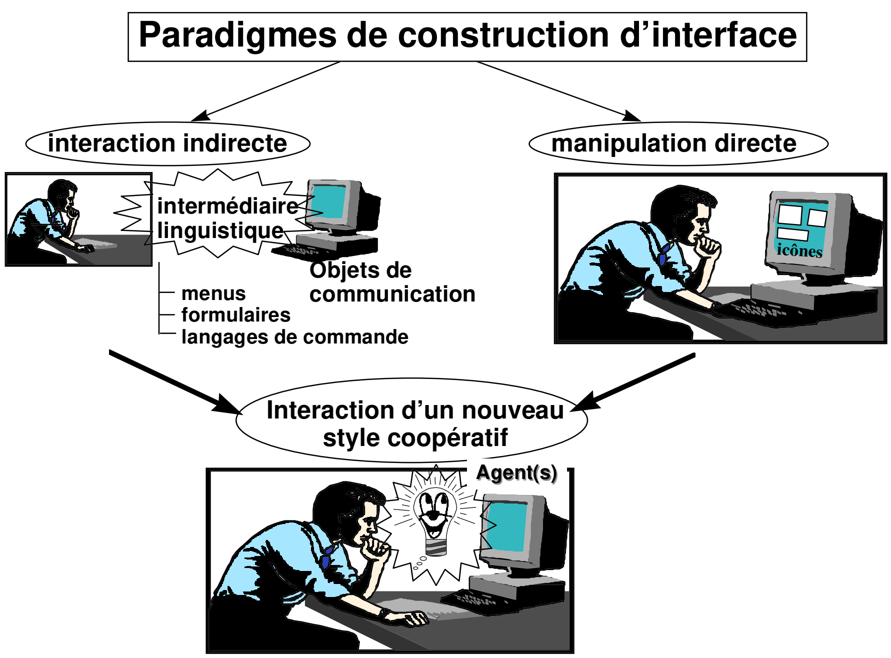



**Figure 1.1.** Paradigmes d'interaction « homme-machine »

## 1.2. Apprentissage, adaptation et anticipation du comportement de l'utilisateur dans les systèmes interactifs

*L'intelligence* d'un individu est définie comme une faculté de *comprendre* et de *s'adapter*, de *découvrir* des relations entre les faits et les choses [Larousse, 96]. Ainsi l'intelligence d'un être humain est généralement évaluée en fonction de capacités particulières : comment peut-il *apprendre* les choses, les *adapter* ensuite aux autres situations rencontrées et, enfin, *anticiper* les nouvelles situations qu'il est susceptible de rencontrer ? Un des buts de *l'intelligence artificielle* est précisément *d'imiter* le comportement cognitif humain : grâce à des complexes techniques, les programmes informatiques deviennent capables de *simuler l'intelligence*. Si *l'Apprentissage*, *l'Adaptation* et *l'Anticipation* sont les trois critères sur lesquels peut être appréhendée une intelligence humaine, un système artificiel « intelligent » peut également être estimé sur ces même critères.

### *1.2.1. Apprentissage*

Dans l'un des articles fondateurs de l'Intelligence Artificielle (IA), Turing introduit *l'apprentissage* comme une caractéristique essentielle à toute machine « intelligente » [Turing, 59]. Depuis dès siècles l'apprentissage est une aptitude qui intrigue les scientifiques car elle est très difficile à appréhender de manière précise. En effet, la compréhension de ses mécanismes dépend du point de vue adopté : un psychologue définit l'apprentissage comme la modification du comportement par la pratique, l'entraînement ou l'expérience ; un enseignant s'intéresse à l'acquisition des connaissances par ses élèves. En l'Intelligence Artificielle, les informaticiens cherchent à identifier les *conditions* nécessaires à l'apprentissage automatique : ils distinguent plutôt la *régularité* et la *reproductibilité* des expériences à partir d'exemples [Moulinier, 97].

Plus précisément il s'agit d'apprendre un *concept* à la machine, c'est-à-dire de déterminer le concept implicite à un ensemble d'exemples. Dans le domaine de l'interaction « homme-machine » par exemple, un tel concept peut être une phrase « L'utilisateur s'intéresse à une page hypermédia ». Il s'agit d'abord de *décrire aux machines le monde* qu'elles doivent manipuler *:* des entités, des actions, des sons, des images, etc. Ensuite il faut choisir les *propriétés* de ce qui est observé (la forme, la couleur, la taille, etc.) et déterminer les *valeurs* que prennent ces propriétés, qui peuvent être symboliques (la couleur du titre est rouge), numériques (le nombre d'hyper-liens sur la page est 20) ou floues (la taille de l'image est assez grande). Ces entités décrites par des propriétés et des valeurs sont appelés *exemples*. On parle d'un *exemple positif* d'un concept s'il est caractérisé par une valeur *vrai* pour les objets auxquels il s'applique ; l'exemple est dit *négatif* dans la cas contraire. Ainsi, l'objectif de l'algorithme d'apprentissage de concept est de déterminer la description d'un concept à partir des descriptions d'un sous-ensemble d'exemples observés : le concept appris est une description *généralisant* les exemples positifs. Un tel mécanisme de généralisation essaie d'imiter les mécanismes d'abstraction et d'analogie intervenant, entre autres, dans l'apprentissage humain. Ainsi nous définissons l'apprentissage de concept supervisé de la manière suivante :

**Définition 1.1. [Apprentissage symbolique supervisé] :** *Etant données **n** descriptions d'exemples positifs et négatifs d'un concept **C**, trouver une **description de C**, c'est-à-dire une généralisation qui soit cohérente avec tous les exemples.*

L'apprentissage intervient dans la résolution de problèmes très différents : la construction automatique de bases de connaissances, la découverte automatique de connaissances dans les grandes bases de données, la construction automatique d'arbres de décision, etc. Dans le domaine de l'interface « homme-machine », on s'intéresse à détecter une certaine régularité dans les interactions de l'utilisateur et donc à apprendre ses buts et préférences. Le concept *C* de la définition 1.1. est dans ce cas *le but* ou *les préférences* de l'utilisateur, et les exemples observés sont les actions effectuées décrites par les entités différents : les outils utilisés et leurs arguments choisis, les textes lus et sauvegardés ou au contraire effacés, le temps écoulé pour une action, etc. Un tel apprentissage peut être (cf. §

2.2.4.) *à long terme*, *centré sur l'utilisateur* (pour assister au futur dans les interactions d'un utilisateur particulier les connaissances sur lequel ont été apprises) ou *centré sur la tâche* accomplie (pour spécifier les caractéristiques définissant cette tâche et les transmettre ensuite aux nouveaux utilisateurs dans de nouvelles situations). Dans le cadre de cette thèse nous nous intéressons plus particulièrement à l'apprentissage *à court terme* ou *« apprentissage amnésique »* qui consiste à découvrir le but implicite des interactions de l'utilisateur en même temps que celui-ci accomplit des actions. Les connaissances apprises sont oubliées une fois le but est atteint. *Les agents doués de la faculté d'apprentissage* (§ 2.2.3.) rendent l'interface « intelligente », capable de *s'adapter* aux besoins de l'utilisateur et *d'anticiper* ses prochaines actions.

### *1.2.2. Adaptation*

Un individu s'adapte à une nouvelle situation rencontrée s'il sait utiliser d'une manière flexible ses connaissances apprises dans des conditions particulières ou nouvelles. Un système dit « intelligent » qui imite ce comportement humain est appelé *adaptatif*. Il existe de nombreux systèmes adaptatifs tâchant de s'adapter à un utilisateur particulier ou à un problème précis dans des domaines divers, par exemple en robotique. En particulier dans le domaine de l'interaction « homme-machine », l'interface adaptative essaie de minimiser les erreurs de l'utilisateur, de réduire son besoin de demander de l'aide et de présenter l'information requise d'une façon conforme aux besoins de l'utilisateur. Une telle interface adaptative est basée sur un *modèle de l'utilisateur* qui reflète ses caractéristiques, ses besoins, son niveau d'expériences, ses préférences, ses stratégies d'interactions, etc.

**Définition 1.2. [Adaptation d'interface] :** *changements des aspects visibles de l'interface selon un modèle d'utilisateur, pour répondre de manière souple à toutes les interactions effectuées avec un but quelconque.*

On distingue deux techniques de construction du modèle d'utilisateur (cf. § 2.2.2.) : *pré-programmées,* basées sur les heuristiques figées et construisant la base de connaissances sur l'utilisateur une fois pour toutes ; et *expérimentales,* basées sur l'apprentissage, qui construit dynamiquement un modèle qui change au fur et à mesure du processus d'apprentissage. Dans le cadre de notre thèse, nous nous intéressons à cette seconde méthode d'adaptation de l'interface dans les systèmes hypermédias : grâce à un agent intelligent d'interface utilisant l'apprentissage « amnésique », le système s'adapte à un utilisateur naviguant sur le réseau et affiche de nouvelles suggestions après chaque action de navigation. Ainsi, l'adaptation basée sur l'apprentissage sert à une anticipation.

### *1.2.3. Anticipation*

Le problème de l'anticipation, c'est-à-dire la prévision suivie d'une action, est rarement abordée par des systèmes « intelligents ». Elle est cependant au cœur de recherche des différentes disciplines scientifiques. En économie, on s'intéresse aux prédictions des marchés financiers, aux cotations en bourse et aux calculs d'intérêts ; en physique et en chimie, on essaie de prédire des réactions chimiques ou des mouvements de corps ; en mathématiques, on étudie des séries chronologiques et asymptotiques ; en sciences naturelles, on tente de prévoir les risques de catastrophes naturelles et d'établir des prévisions météorologiques ; en théorie des jeux, on construit des prévisions pour les actions des adversaires et des partenaires, etc. En informatique l'anticipation est étudiée, notamment pour le contrôle de robots, la reconnaissance des formes, le regroupement conceptuel.

Dans le domaine de l'interface « homme-machine » nous nous intéressons à une anticipation des actions « raisonnables » d'un utilisateur explorant un système informatique :

**Définition 1.3. [Anticipation] :** *Déclaration par un raisonnement inductif des prochaines interactions d'un utilisateur, fondée sur les connaissances apprises et retenues dans le modèle d'utilisateur.*

Quant aux méthodes d'anticipation, elles sont très diverses et dépendent du domaine d'application [Meyer et al., 97]. Les techniques de *statistique* permettent de calculer comment le phénomène considéré peut se comporter dans un avenir plus ou moins proche en analysant la façon dont il s'est réalisé dans le passé. La *simulation* permet, connaissant (toutes) les données d'un système, de recréer artificiellement son fonctionnement ou son évolution sur ordinateur. Il est impossible de prévoir le comportement d'un système dans une situation imprévue en simulation. Il existe aussi plusieurs méthodes *« cognitives »* basées sur les théories des sciences cognitives. L'imitation et le mimétisme, par exemple, peuvent permettre de prédire les événements en tentant de « se mettre à la place » du système.

On utilise également pour l'anticipation des méthodes *d'apprentissage* connues en Intelligence Artificielle. Tout comme un être humain, l'agent artificiel « intelligent » essaie de prédire certains événements dès qu'il a appris suffisamment de connaissances à propos d'un domaine ou d'une situation. Cette base de connaissances acquises lui sert de support pour inférer ses prévisions. Il existe trois formes d'apprentissage principales pour l'anticipation, chacune ayant ses particularités. En apprentissage *par cœur,* on ne peut prédire que ce qu'on a déjà appris. Il s'agit de stocker dans une base de connaissances tous les événements et leurs contextes observés. Dès qu'une nouvelle situation se présente, on interroge la base de connaissances afin de retrouver le cas appris correspondant à la situation donnée - on connaît déjà les conséquences liées, on peut donc les « prédire ». L'apprentissage *par analogie* suit le même principe, mais essaie de relever dans la base de connaissances un cas plus ou moins similaire à la nouvelle situation et d'anticiper par analogie les événements liés. Troisième forme, l'apprentissage *par renforcement*, utilise les techniques de récompenses - punitions pour accroître ou diminuer la « crédibilité » de règles : plus une règle sera appliquée avec succès, plus sa « valeur » augmentera.

Nous distinguons *trois types d'anticipation* dans les interactions « homme - ordinateur (+ agent d'interface) » : passive, coopérative et compétitive [Meyer et Ganascia, 96]. Dans le modèle *passif* on suppose que l'homme n'aide ni empêche l'agent d'anticiper ses actions. Dans le modèle *coopératif,* l'utilisateur essaie de collaborer avec l'agent pour lui transmettre plus de connaissances à propos de son comportement habituel - pour cela il peut envoyer des rétroactions en réponse aux suggestions de l'agent ou l'instruire explicitement (§ 2.2.3.1.). Enfin, le modèle *compétitif* suppose que l'utilisateur ne fait qu'embarrasser l'agent apprenant son comportement, ce modèle concerne particulièrement la théorie des jeux où l'agent est un adversaire.

Pour résumer, soulignons les caractéristiques principales de l'anticipation. Pour être efficace durablement, une méthode d'anticipation doit être *auto-adaptative*. Elle doit être en mesure d'évaluer ses propres performances et posséder les moyens de se corriger elle-même et ce, *en temps réel.* Dans notre équipe nous avons élaboré plusieurs méthodes et nous avons développé quelques systèmes d'anticipation. Par exemple, la méthode SAGACE [Meyer et Ganascia, 96] basée sur un algorithme génétique d'apprentissage, permet de prédire et d'anticiper des comportements évolutifs de jouer. Dans le cadre de notre thèse nous nous intéressons à une méthode d'anticipation pour un agent intelligent d'interface. Les agents intelligents d'interface essaient d'anticiper les actions des utilisateurs, ils apprennent le comportement des utilisateurs qui se trouvent face à l'ordinateur, et s'adaptent à leurs tâches et à leurs préférences. Les agents d'interface intègrent donc à la fois les trois facettes de « l'intelligence » : ils apprennent à connaître le sens des interactions de l'utilisateur, s'adaptent à son comportement et essaient d'anticiper les actions suivantes de l'utilisateur à l'aide des connaissances apprises. SAGE est l'agent intelligent de l'interface du système hypermédia SATELIT fonctionnant sur le Web et dédié à des applications en systématique. SAGE est basé sur un modèle coopératif d'anticipation, il pratique l'apprentissage « amnésique » par renforcement (§ 2.2.4.) et s'adapte à chaque nouvelle situation consécutive à une action.

## 1.3. Accumulation et gestion de l'information mémorisée en Systématique

Actuellement nous sommes les témoins du début d'une nouvelle ère informatique où la quantité d'information disponible « en ligne » explose chaque jour. La conséquence directe de cette mutation est que les utilisateurs ont besoin de nouveaux outils pour les aider à mémoriser, organiser, rechercher et accéder à l'information d'une manière efficace, fiable et rapide. Quant à la mémorisation de l'information ce n'est plus un problème actuellement - les énormes réseaux hypermédias tel que l'Internet, ont envahi le monde. Mais la technologie de gérance de cet hyper-espace est pour l'instant beaucoup moins efficace que la technologie d'accumulation de l'information. Il existe un déséquilibre fondamental entre la masse extraordinaire d'information disponible et les capacités limitées de gestion de cette information [Floridi,95].

Un des domaines, où le déséquilibre entre l'information mémorisée et les connaissances de gestion est crucial, est la *systématique* - la science « des classifications des formes vivantes ». Le projet global de la systématique consiste à comprendre la biodiversité par la découverte de l'histoire de son apparition (phylogénie). Les activités scientifiques qui recouvrent la systématique sont variées : « l'étude et la description de la diversité des êtres vivants, la recherche de la nature et des causes de leurs ressemblances, la mise en évidence des relations de parenté entre eux et l'élaboration de classifications traduisant ces relations de parenté » [Matile et al., 87]. Ainsi, à l'issue du Sommet de la Terre, a été lancé le projet international « Systématique Agenda 2000 » ayant pour but l'inventaire de la biosphère. Cet objectif, étant donné le gigantisme de la masse d'informations à traiter ($1.8*10^8$ d'espèces connues, $10^8$ de monographies), nécessite l'utilisation de méthodes informatiques, dédiées à la construction d'une « bibliothèque du vivant », la gestion d'une énorme masse d'informations, actuellement dispersées dans les collections d'histoire naturelle, la consultation de ces informations, en facilitant l'accès et favorisant son exploitation scientifique. La systématique a donc besoin des outils modernes de l'informatique - bases de données, bases de connaissances, systèmes d'acquisition et de représentation de connaissances, supports d'exploitation des bases développées (navigation et identification), systèmes d'aide à la découvertes scientifiques, outils de travail en collaboration, etc.

De nos jours plusieurs systèmes informatiques sont déjà venus en aide aux systématiciens. Nombreuses sont les réalisations dans l'environnement Internet. Quant à la mémorisation de l'information, ce n'est plus un problème en systématique : des milliers de sites Web sont consacrés à la description et la classification des êtres vivants. Mais ces descriptions sont la plupart, figées et maladroites, elles ne sont que des « copies » électroniques de supports papiers stockés dans les bibliothèques scientifiques. Le plus souvent, une page Web décrit un taxon représentant une classe, toute la taxonomie est schématiquement exhibée sur une autre page Web (ou dans un frame de la fenêtre principale) comme un arbre fixe et immuable ; pour naviguer dans cette taxinomie, l'utilisateur et obligé de revenir chaque fois vers la page (ou vers le frame) de la taxinomie et la parcourir laborieusement ( car la taille d'un tel arbre immobile est toujours très grande) avant de repérer le nom du taxon qu'il souhaite visiter.

Les figures 1.2, 1.3 et 1.4. montrent quelques exemples de taxinomies présentes sur le Web. La figure 1.2. représente un « arbre de vie » ; l'utilisateur navigue sur les « branches » de cet arbre en sélectionnant des hyper-liens menant vers d'autres « branches ».

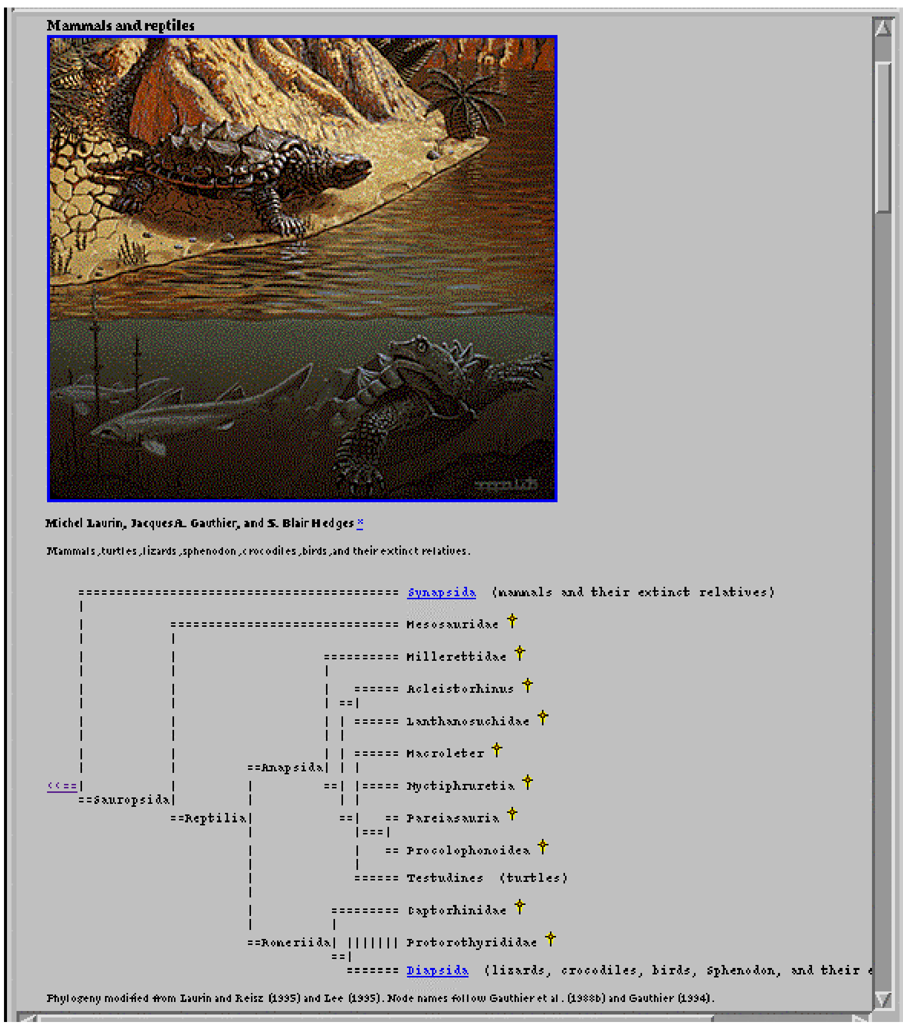



**Figure 1.2.** « L'arbre de vie » - un exemple d'une taxonomie figée sur le Web

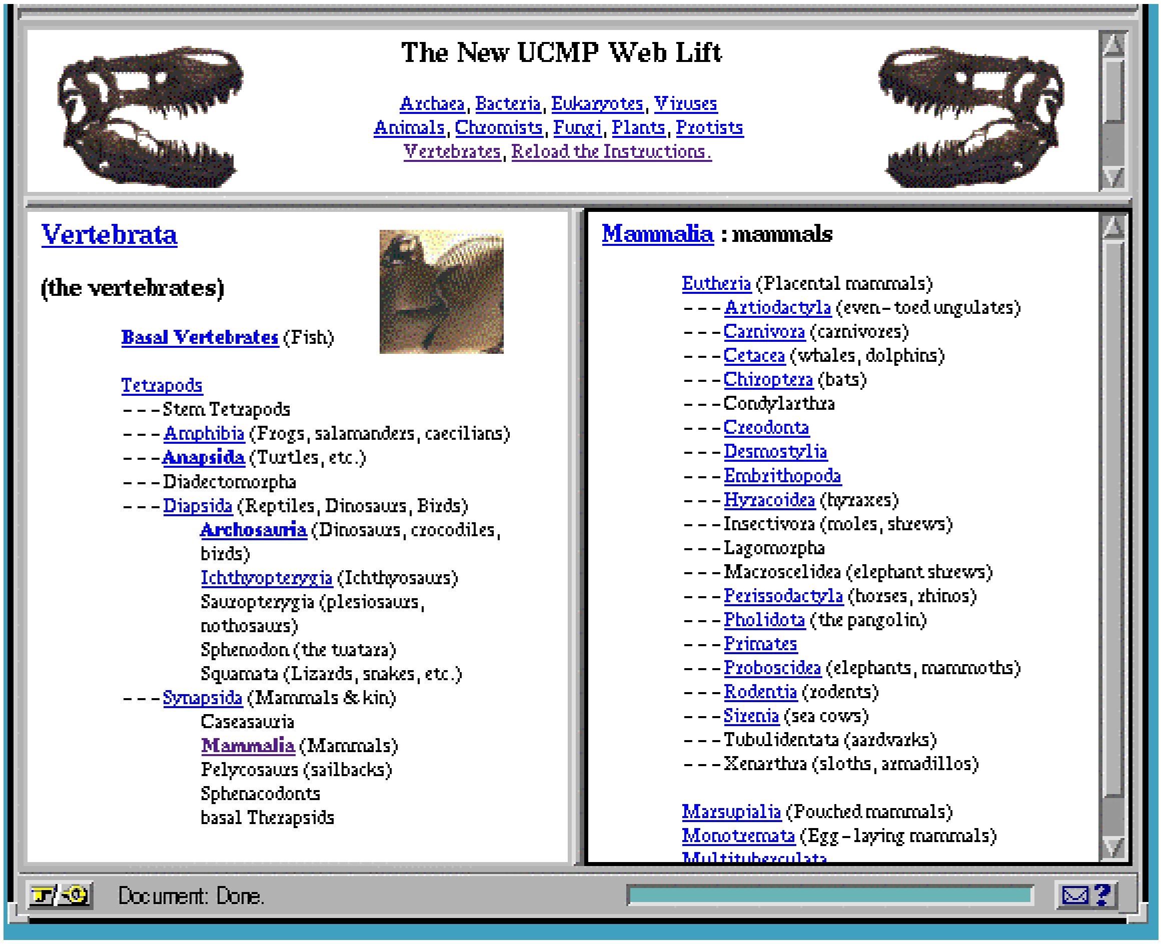
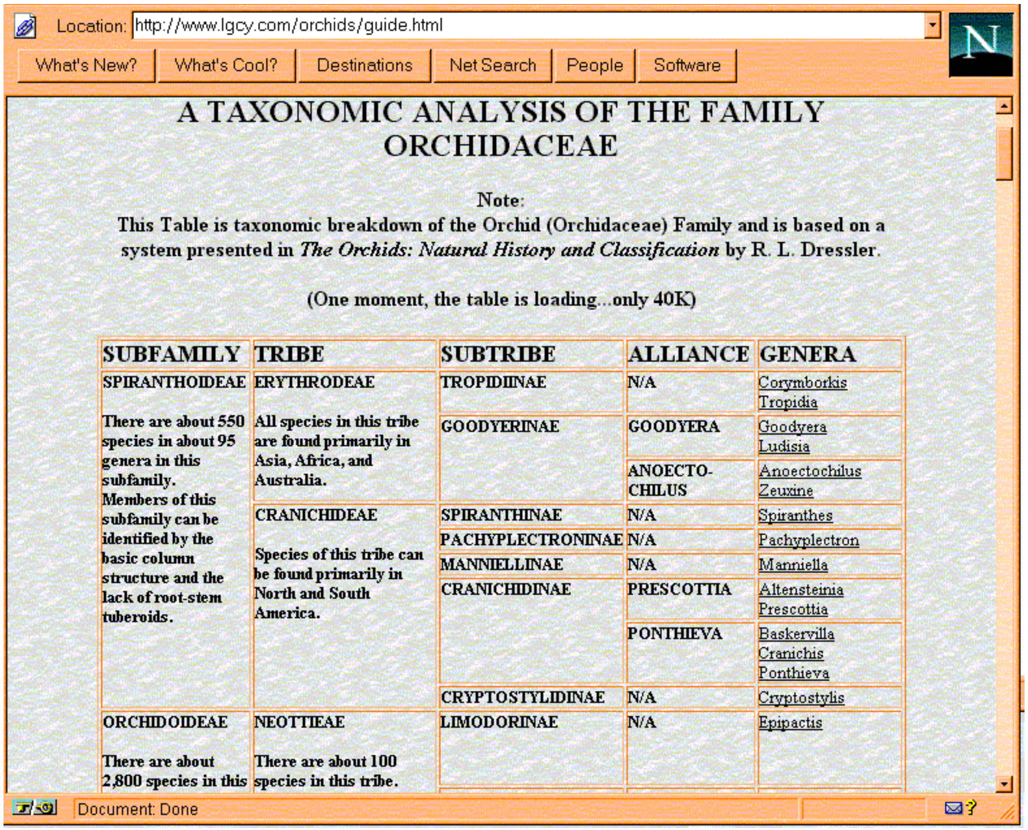



**Figure 1.3.** « L'ascenseur arborescent » - un exemple d'une taxonomie sous formes des frames sur le Web

La figure 1.3. reproduit un « ascenseur arborescent » d'un autre site Web consacré à la systématique ; il permet à l'utilisateur de se déplacer dans les deux frames représentant les classes et sous-classes d'une taxinomie. Lorsque l'utilisateur sélectionne une classe terminale (une espèce), il se retrouve sur une nouvelle page Web (l'utilisateur perd alors l'information sur la taxinomie, car la page Web qui la représente est désormais fermé).

La figure 1.4. représente la taxinomie des orchidées sous forme d'un tableau - l'utilisateur s'y promène de gauche à droite pour descendre en profondeur dans la taxinomie, et de haut en bas pour explorer le contenu des descriptions des classes. Une fois que l'utilisateur a choisi un taxon du plus bas niveau de la taxinomie (une espèce), il se retrouve dans une nouvelle page Web consacrée à sa description.



Location: http://www.lgcy.com/orchids/guide.html

What's New? | What's Cool? | Destinations | Net Search | People | Software

A TAXONOMIC ANALYSIS OF THE FAMILY ORCHIDACEAE

Note:
This Table is taxonomic breakdown of the Orchid (Orchidaceae) Family and is based on a system presented in *The Orchids: Natural History and Classification* by R. L. Dressler.

(One moment, the table is loading...only 40K)

| SUBFAMILY | TRIBE | SUBTRIBE | ALLIANCE | GENERA |
|---|---|---|---|---|
| SPIRANTHOIDEAE<br><br>There are about 550 species in about 95 genera in this subfamily. Members of this subfamily can be identified by the basic column structure and the lack of root-stem tuberoids. | ERYTHRODEAE<br><br>All species in this tribe are found primarily in Asia, Africa, and Australia. | TROPIDIINAE | N/A | Corymborkis<br>Tropidia |
| | | GOODYERINAE | GOODYERA | Goodyera<br>Ludisia |
| | | | ANOECTO-CHILUS | Anoectochilus<br>Zeuxine |
| | CRANICHIDEAE<br><br>Species of this tribe can be found primarily in North and South America. | SPIRANTHINAE | N/A | Spiranthes |
| | | PACHYPLECTRONINAE | N/A | Pachyplectron |
| | | MANNIELLINAE | N/A | Manniella |
| | | CRANICHIDINAE | PRESCOTTIA | Altensteinia<br>Prescottia |
| | | | PONTHIEVA | Baskervilla<br>Cranichis<br>Ponthieva |
| | | CRYPTOSTYLIDINAE | N/A | Cryptostylis |
| ORCHIDOIDEAE<br><br>There are about 2,800 species in this | NEOTTIEAE<br><br>There are about 100 species in this tribe. | LIMODORINAE | N/A | Epipactis |

Document: Done

**Figure 1.4.** Une taxinomie sous forme d'un tableau

Les outils de recherche offerts par la plupart des systèmes sur le Web sont toujours réduits à des simples recherches par mots clés - l'utilisateur est obligé de taper le nom d'un taxon pour retrouver sa page de description. Souvent, les systèmes de systématique utilisent tout simplement des liens vers les moteurs de recherches traditionnels du Web, comme LYCOS ou YAHOO ! Fréquemment, l'utilisateur a du mal à bien exprimer sa requête - il peut ne pas savoir le nom du taxon, ou ne connaître qu'un synonyme, ou effectuer des fautes de frappe habituelles. Les possibilités des recherches multifonctionnelles où l'utilisateur essaie de retrouver un taxon selon les descriptions de ses traits particuliers, sont le plus souvent indisponibles.

Peu de systèmes sur le Web proposent des outils d'identification. Quand ces possibilités sont présentes, il s'agit généralement d'une procédure d'interrogation basée sur un arbre de traits discriminants les taxons dans la taxinomie. Selon cette technique, l'utilisateur est obligé de répondre aux questions posées. Après chaque réponse, le système approfondit la recherche en descendant l'arbre des traits discriminants. Les termes spécifiques au domaine et souvent inconnus pour un utilisateur-novice peuvent contenir des liens vers une page de glossaire donnant toutes les explications. C'est par exemple la stratégie employée dans le système d'identification de serpents présenté sur la figure 1.5. :

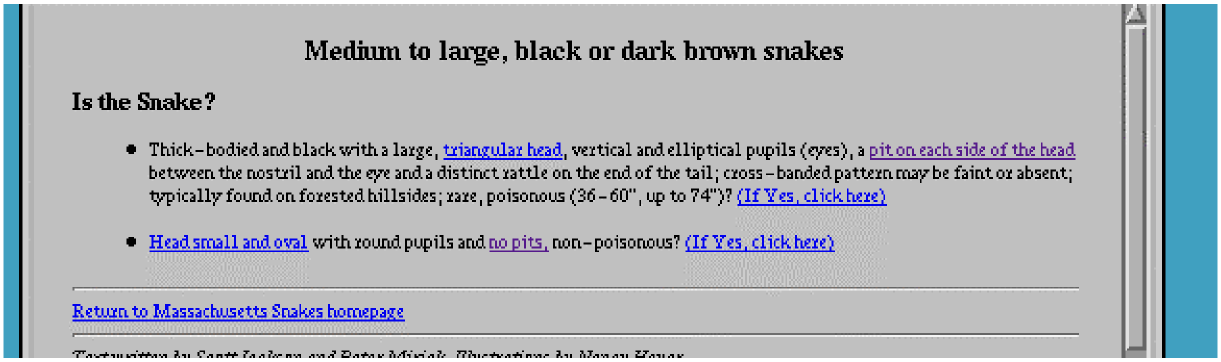



**Figure 1.5.** Fragment d'un procédé de l'identification des serpents

Une fois l'arbre de traits discriminants parcouru, le système affiche la page du taxon identifié (figure 1.6.) :

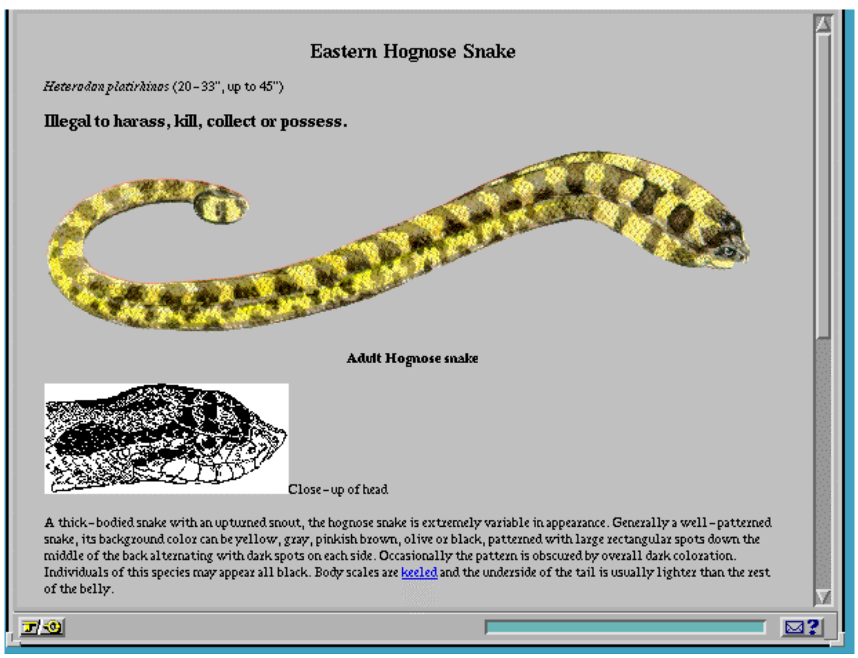



**Figure 1.6.** Une page retrouvée après le procédé de l'identification des serpents

Un tel type d'identification interrogatoire est souvent difficile pour un utilisateur-novice du domaine. Au lieu de répondre à des questions précises d'interview, le novice préfère naviguer librement dans un hyper-espace ou effectuer une recherche selon plusieurs critères. *En voyant* le texte et l'image associés à la classe de la taxinomie, l'utilisateur peut formuler plus précisément ses critères de recherche et continuer la navigation.

Pour résumer, soulignons que, de nos jours, la systématique est représentée sur le Web par de nombreux systèmes mémorisant et diffusant une quantité d'information gigantesque regroupant différentes communautés scientifiques. Quant aux connaissances relatives à la gestion de cette information, il en existe une grande pénurie. Pour l'analyse de la biodiversité, la gestion rationnelle des collections des ressources naturelles, le développement des programmes de protection de la nature, les systématiciens ont aujourd'hui besoin d'accéder efficacement à l'information mémorisée et de consulter plus facilement des données organisées.

Nous nous proposons d'élaborer un outil informatique pour optimiser l'exploitation des informations dans le domaine de la systématique. Ce système fonctionnant dans l'environnement du Web permet de mémoriser et d'organiser automatiquement les données taxinomiques, en se basant sur des connaissances sous-jacentes, il facilite l'accès à l'information, et en utilisant un agent intelligent d'interface, il fournit à l'utilisateur une aide pour la navigation et la recherche d'informations pertinentes.

## 1.4. Présentation du mémoire

Nous commençons par une présentation des systèmes hypermédias adaptatifs (chapitre 2). Nous proposons une classification des hypermédias à base de connaissances selon le type de connaissances qu'ils intègrent et les méthodes d'introduction employées (§ 2.1.2). Nous évoquons les problèmes classiques des hypermédias de recherche d'information : la désorientation de l'utilisateur dans l'hyper-espace et les difficultés à formuler explicitement le but final de navigation (§ 2.1.3.). Nous argumentons la nécessité d'adaptabilité des hypermédias et analysons les différentes techniques de construction du modèle d'utilisateur indispensable pour une telle adaptation (§ 2.2.). Nous introduisons la notion d'un agent intelligent d'interface doué de la faculté d'apprentissage (§ 2.2.3.) et examinons trois types d'apprentissage qu'il peut appliquer (§ 2.2.4.) pour rendre adaptative l'interface des hypermédias. Nous concluons le chapitre 2 par une analyse des méthodes et des techniques utilisées dans les hypermédias adaptatifs et les illustrons par de nombreux exemples de systèmes de présentation adaptative et de navigation adaptative.

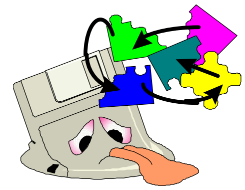
Dans le chapitre suivant (chapitre 3) nous présentons SATELIT - le système hypermédia de recherche d'information à base de connaissances taxinomique. Nous analysons divers domaines d'application de ce système et particulièrement la systématique où l'information représentée est organisée d'une manière taxinomique (§ 3.1.). Nous expliquons ensuite notre choix du formalisme des graphes conceptuels pour la représentation des connaissances taxinomiques sous-jacentes au réseau hypermédia de SATELIT et décrivons ce formalisme (§ 3.2.). Nous présentons les composants de la base de connaissances de SATELIT et ses fonctions (§ 3.3.), nous examinons ses outils d'interface et décrivons les modes de fonctionnement pour deux profils d'utilisateurs : un expert et un novice (§ 3.4.). A la fin de ce chapitre (§ 3.5.) nous argumentons que SATELIT a besoin d'un assistant intelligent d'interface, capable de distinguer ses utilisateurs, observer leurs actions, apprendre leurs buts de navigation et anticiper leurs actions, en adaptant l'interface.

L'environnement de fonctionnement de SATELIT étant le Web, nous consacrons la première partie du chapitre 4 à la présentation de cet environnement et soulevons le problème d'interactivité entre un utilisateur et un fournisseur des services du Web. Nous proposons ensuite une solution à ce problème qui consiste en l'utilisation des agents intelligents d'interface personnalisant les interactions « homme-machine ». Nous distinguons deux principaux types d'agents sur le Web - les agents passifs et actifs (§ 4.2.) - et proposons ensuite une méthode originale de classification des agents actifs selon leur sphère d'activité sur le Web (§ 4.3.). Nous présentons de nombreux exemples d'agents actifs existant sur le Web. En conclusion nous exposons le principe général de notre approche de la construction d'un agent intelligent et expliquons pourquoi cet agent appelé SAGE est un nouveau type d'agent actif sur le Web, en le comparants avec d'autres (§ 4.4.4.).

Dans le chapitre 5 nous décrivons en détail l'algorithme de fonctionnement de SAGE et son architecture générale. Nous présentons ici le mécanisme d'apprentissage « amnésique » utilisé et le modèle d'utilisateur construit par SAGE dans l'intention d'apprendre le but final de navigations (§ 5.2.). Le chapitre 6 est consacré à la présentation d'expérimentations effectuées en vue de la validation de notre approche et la comparaison des performances de SAGE à celles des autres agents.

Enfin le chapitre 7 clôt ce travail en présentant un bilan de la contribution que nous avons apportée dans le domaine des interfaces « intelligentes » dans l'environnement du Web. Nous concluons ce mémoire par une évocation des problèmes actuels existant dans ce domaine et par une présentation des perspectives possibles de notre recherche.

# CHAPITRE 2



# Hypermédias adaptatifs

Dans ce chapitre nous présentons une analyse des différents types de systèmes adaptatifs hypermédias. Nous nous intéressons d'abord aux méthodes générales d'accès à l'information « en ligne » - interrogation et navigation, aux différents types d'exploration de l'information hypermédia (§ 2.1.1). Nous examinons ensuite les rapports mutuels entre connaissances et hypermédias et présentons la notion d'hypermédia à base de connaissances, les sources et les méthodes possibles d'introduction de connaissances dans les hypermédias (§ 2.1.2). Nous soulignons les avantages de tels hypermédias, enrichis de nouvelles possibilités de recherche d'information (§ 2.1.3). Nous argumentons ensuite le besoin d'adaptabilité des systèmes hypermédias à chaque utilisateur particulier (§ 2.2.). Nous exposons les aspects d'une modélisation d'utilisateur nécessaires pour un hypermédia adaptatifs (§ 2.2.1.). Nous distinguons ensuite deux techniques principales d'une telle modélisation - pré-programmée et expérimentale (§ 2.2.2.), et introduisons la notion d'agent intelligent d'interface, doué de la faculté d'apprentissage (§ 2.2.3.). Nous dégageons ensuite trois types d'apprentissage qu'un tel agent peut appliquer pour rendre un hypermédia adaptatif (§ 2.2.4.), et mettons en évidence les problèmes particuliers de l'apprentissage « amnésique » adopté pour l'agent développé dans le cadre de notre thèse. La dernière partie de ce chapitre (§ 2.3.) est consacrée aux méthodes et techniques des effets produits par des hypermédias adaptatifs : la présentation et la navigation adaptatives, observées à travers différents exemples de systèmes particuliers.

## 2.1. Problématiques relatives aux systèmes hypermédias

### *2.1.1. Accès à l'information « en ligne »*

Pour accéder à l'information interactive ou « en ligne »[1], l'utilisateur peut effectuer deux types d'interactions - *interrogation*[2] ou *navigation*. Ces deux techniques abordent l'information de façons tout à fait différentes. Tandis qu'en pratiquant la navigation, l'utilisateur explore librement l'espace de recherche d'information nécessaire, en suivant un réseau de liens bien organisés ; l'interrogation, quant à elle, consiste en l'élaboration de descriptions (requêtes) d'information à partir desquelles un sous-système de recherche localise l'information recherchée par l'utilisateur. La méthode d'accès à l'information par interrogation est traditionnelle de systèmes informatiques des générations passées ; elle est utilisée, par exemple, par les systèmes de bases de données ou les systèmes conversationnels de recherche d'information. Quant à la méthode d'accès à l'information par navigation, il s'agit d'une technique relativement récente, dont l'apparition est liée à la naissance du concept *d'hypertexte*.

Bien sûr, le principe d'hypertexte, n'est pas nouveau. Il existe de nombreux documents dont la lecture passe par les références d'une partie à l'autre ou sur d'autres documents. La Bible, le Talmud, les notes d'Aristote, les encyclopédies et les dictionnaires sont autant d'anciens prototypes de représentations hypertextuelles. Mais les efforts et le temps considérables pour retrouver toutes les références et revenir au « point de départ » compliquaient l'utilisation de tels « hypertextes manuels ». L'apparition et l'accessibilité des ordinateurs modernes ont donné une nouvelle vie à l'ancienne idée. L'utilisateur est désormais inclu dans le système comme un élément essentiel. Comme l'a prédit Douglas

---

[1] En anglais : on line information
[2] En anglais : querying

Engelbart dès les années soixantes, l'utilisateur et l'ordinateur deviennent des composants dynamiquement échangés dans une symbiose « homme-machine », qui « amplifie » l'intelligence de l'être humain [Engelbart, 63].

En effet, les origines de ce concept remontent à l'année 1945 dans le cadre de l'article « Comment nous pouvons penser »[1] de Vannevar Bush [Bush, 45]. Dans cet article, pour la première fois, ont été établis des liens entre notre façon de penser *par associations d'idées* et une structure non linéaire de présentation de l'information :

«Le cerveau humain... opère des associations. L'homme ne peut pas espérer de polycopier ce procédé mental artificiellement, mais, certainement, il doit être capable d'apprendre à partir de celui-là. Rien ne peut espérer être égal en vitesse et en flexibilité avec lesquelles le cerveau suit un chemin associatif; mais ce pourrait être possible de vaincre le cerveau de façon décisive, quant à la permanence et la clarté des points résurrectés de mémoire».

Bush soulignait que le mode d'indexation alphabétique de documents est un mode artificiel non adapté à notre façon d'archiver des textes ou des événements dans une mémoire humaine. Il a proposé un dispositif dénommé *Memex*, pour mécaniser l'organisation des documents et leur sélection par associations. Dans cet article, Bush prévoyait déjà le phénomène d'explosion de l'information et la difficulté d'accès.

L'apparition du terme hypertexte proprement dit date de 1960, dans le cadre du projet *Xanadu* destiné à la création d'une structure rassemblant la littérature du monde entier. L'auteur de ce projet Théodore Nelson définit l'hypertexte de la façon suivante [Nelson, 80] :

« Combinaison de texte en langage naturel avec les capacités d'ordinateur de branchement interactif, ou d'affichage dynamique... d'un *texte non linéaire* ... qui ne peut pas être imprimé d'une manière conventionnelle sur une page conventionnelle. »

---

[1] « As we may think » en original

Le concept d'hypertexte est donc très simple : les fenêtres sur l'écran d'ordinateur sont associées aux objets d'une base de données (aux noeuds) et des liens assemblent ces objets - graphiquement par des signes sur l'écran, et dans la base de données par des pointeurs (figure 2.1.) :

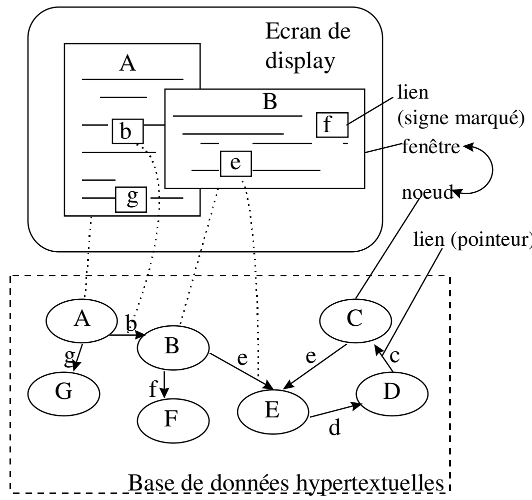



**Figure 2.1.** Structure de l'hypertexte et correspondance de la base de données hypertextuelles à l'écran d'affichage

Selon Jeff Conklin [Conklin, 87] les composants essentiels d'un hypertexte sont une *base de données* sous forme d'un réseau de noeuds, des *fenêtres* (fermées ou ouvertes) sur l'écran d'ordinateur correspondant chacune à un noeud de base de données et des outils de gestion de fenêtres appelés des *navigateurs*. Les liens sont représentés par des *icones*, qui peuvent être un symbole, une séquence de symboles ou une image graphique, et qui pointent vers les noeuds de la base de données. Des outils spécialisés de création et de gestion supportent le procédé de construction d'un hypertexte ; des outils de recherche peuvent être ajoutés pour permettre l'utilisateur d'interroger la base de données.

Nous définissons un hypertexte (et, plus généralement un hypermédia) comme suit :

**Définition 2.1. [Hypertexte et Hypermédia] :** *Une forme non séquentielle, non narrative d'organisation et d'accès à l'information, représentée par un réseau de liens associatifs définis sur un ensemble de noeuds d'information, est une structure d'hypertexte. Dès lors que les noeuds du réseau ne se limitent pas à contenir du texte, mais contiennent* *également des croquis, des graphiques, des séquences audio ou visuelles, c'est un hypermédia.*

Le principe de base de l'hypertexte, est que les idées correspondant à des objets de perception et les relations entre elles sont manipulées de façon directe par le biais de fenêtres et d'icones, ce qui apporte des nombreuses possibilités aux utilisateurs. Outre la faculté d'organiser un texte de différentes façons, selon des « points de vues » variés, la paradigme de la manipulation directe constitue pour l'utilisateur un moyen de *personnalisation* de son lieu de travail et de recherche. Il peut suspendre temporairement sa lecture pour regarder certains détails, il suit facilement les références, en décidant lui-même quels liens choisir et à quel moment. De plus, un même texte peut être partagé par plusieurs utilisateurs qui ont ainsi la possibilité de travailler en collaboration. L'ordinateur est devenu désormais une extension directe et puissante du cerveau humain, comme l'avait prévu Vannevar Bush il y a quatre décennies. Jeff Conklin définit l'essence de l'hypertexte comme « un média basé sur l'ordinateur pour la réflexion et la communication » [Conklin, 87]. Il souligne son apport principal d'aide à la réflexion parce qu'en utilisant un hypertexte, un individu peut traiter plusieurs informations en même temps, développer et rejeter des idées sur différents niveaux et sur différents points en parallèle, et chaque nouvelle idée élaborée dépend des autres et apporte sa collaboration aux autres.

Dans un hypertexte, l'utilisateur explore les unités d'information en passant d'un élément à l'autre par un simple clic de souris sur un texte souligné ou mis en évidence. D'après [McAleese, 89] selon l'importance du but poursuivi, on distingue différentes *stratégies d'exploration des documents* hypertextes. L'utilisateur peut se promener sur un hypermédia sans but précis (stratégie de *« flânerie »* où il peut revenir plusieurs fois sur des noeuds déjà visités) ; parcourir une large surface d'information sans aller trop en profondeur (il *« scrute »* ou *« butine »*) ; s'efforcer de trouver une information précise et alors explore plus de chemins en profondeur (*« recherche »* ) ; vouloir couvrir un maximum d'informations à propos d'un sujet (cette stratégie d'*exploration* est caractérisée par de nombreux chemins empruntés), etc. Au-delà de ces différences de stratégies de navigation, un facteur commun les relie : l'exploration du réseau est motivée par une recherche d'information. L'utilisateur attend un accès rapide, efficace et convivial des noeuds reliés. Mais un problème essentiel des hypertextes surgit aussitôt : la sémantique des liens et des noeuds que dessinent leurs *auteurs* lors de la conception de documents hypertextes n'est pas forcément celle attendue par leurs *lecteurs*. Pire encore, en suivant des chemins dans des hyper-espaces conçus par d'autres, les utilisateurs ont tendance à se perdre rapidement. Ce problème est maintenant bien connu sous le terme d'« égarement dans un hyper-espace » ou de « désorientation » du lecteur. Une *surcharge cognitive* laisse l'utilisateur perplexe quant à l'endroit précis du réseau d'hypertexte où il se trouve et au choix du meilleur prochain lien à suivre. Ces difficultés ont motivé l'introduction de *connaissances* formalisées dans les hypermédias et la création d'outils d'aide à la navigation.

### 2.1.2. Systèmes hypermédias à base de connaissances

L'intégration dans les hypermédias de *connaissances* formelles est un moyen de bien organiser l'information et de la rendre ainsi facilement accessible. Les connaissances introduites dans les hypermédias peuvent être *déclaratives* ou *procédurales*. Des connaissances déclaratives représentent des faits, décrivent le domaine d'application de l'hypermédia ; des connaissances procédurales assurent le contrôle et la manipulation des éléments de la base de faits. Ainsi, les connaissances manipulées dans un hypermédia portent aussi bien sur son contenu informatif que sur sa structure.

Les *sources* de connaissances incorporées, autant que les méthodes de leur introduction dans les hypermédias, sont divers. On peut distinguer [Faron, 97] :

- *des connaissances sur l'organisation des documents* acquises à partir de l'exploration de la structure sémantique des documents linéaires ;
- *des connaissances du domaine* extraites à partir des documents linéaires ou des interviews avec un expert du domaine ;
- *des connaissances sur l'utilisateur* recueillies à partir de l'analyse de son comportement dans les interactions avec le système hypermédia.

Quant aux *méthodes* d'introduction des connaissances, nous les distinguons :

• à partir de données existantes, ce qui inclut

- la construction automatique de l'hypertexte à partir de textes linéaires (indexation automatique), et

- la réorganisation de l'hypertexte dans une nouvelle structure ;

• « à partir de zéro », lors de la construction du système lui-même[1] .

La figure 2.2 ci-dessous présente une classification des systèmes hypermédias enrichis des connaissances selon les types de connaissances introduites et les méthodes de leurs introductions :

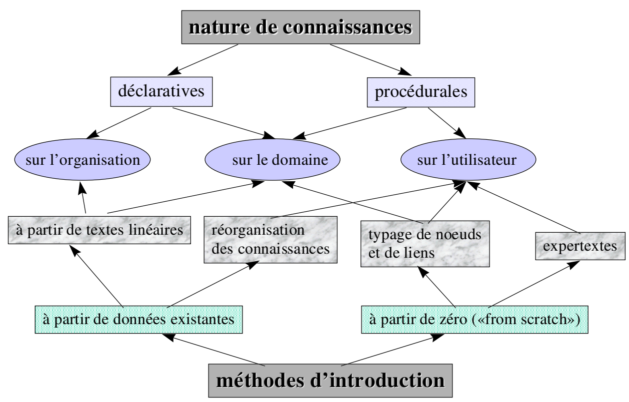



**Figure 2.2.** Types des connaissances et méthodes de leur introductions dans les hypermédias

*2.1.2.1. Introduction de connaissances à partir des données existantes*

Les connaissances introduites dans le cadre de la construction automatique d'hypertexte à partir de textes linéaires sont essentiellement des connaissances sur l'organisation des documents. Ce sont, par exemple, les documents scientifiques et techniques ayant une forte structuration, découpés en titres, sections, paragraphes, etc. selon une « logique de décomposition ». Ces connaissances sont représentées par la structure

[1] En anglais : from scratch

physique du réseau hypermédia - les liens hiérarchiques et les liens de référence - qui reflètent la structure logique des documents. La procédure d'une telle « hypertextualisation » fait appel aux techniques d'indexation automatique [Salton, 88] ou de la « grammaire des couples » [Stotts et Furuta, 90]. Cependant, l'extraction de connaissances pertinentes à partir des données existantes est une tâche difficile. Les relations entre entités de texte sont capturées au niveau lexical, et la sémantique globale de contenu est souvent perdue. Un hypertexte ainsi construit contient de l'information pure plutôt que des connaissances.

D'autre part, une fois introduites, les connaissances peuvent être réorganisées, ou de nouvelles connaissances peuvent être acquises lors de l'utilisation de l'hypermédia. Pour la plupart ce sont des connaissances sur les modes de navigation des utilisateurs, leurs buts, besoins et préférences. Insérées dans les hypermédias, ces connaissances *dynamiques* représentent un *modèle d'utilisateur* et modifient les relations existantes entre les noeuds et les liens hypermédias. Grâce à ces connaissances dynamiques, les hypermédias deviennent *adaptatifs* (cf. § 2.2.).

#### *2.1.2.2. Introduction de connaissances « à partir de zéro »*

Pour construire un système hypertexte « à partir de zéro », l'auteur - un expert du domaine d'application considérée, ou un ingénieur de développement - l'organise selon la sémantique du domaine ; le contenu des noeuds est explicité en fonction de la structure du réseau planifiée. L'auteur incorpore les connaissances en pensant directement en termes d'hypertexte et non plus en termes de documents linéaires. Dans certains systèmes, les connaissances introduites en même temps que la construction de l'hypertexte, sont limitées par la sémantique de l'organisation de l'information et reflètent seulement la structure préexistante du réseau. C'est par exemple le cas dans les travaux de [Vercoustre, 90].

D'autre part, les connaissances sur le *contexte* dans lequel les objets ont été créés peuvent être représentées à travers un *typage* des noeuds et des liens. De tels types permettent de synthétiser une vue active spécifique de l'ensemble des objets reliés pour les manipuler [Nanard et Nanard, 91]. Le typage des liens est une particularité distinctive des systèmes hypermédias à base de connaissances du domaine, par exemple, des systèmes MacWeb [Nanard et Nanard, 91], gIbis [Conklin et Begeman, 88], Hyperbase [Schütt, 90]. Tous proposent un ensemble de types pré-définis et un mécanisme de construction de nouveaux types basé sur l'étude cognitive du domaine. D'une manière générale, les types de noeuds représentent les concepts du domaine et les types de liens représentent les relations sémantiques entre eux. Les relations entre les types constituent une structure générale qui peut être utilisée pour guider l'auteur lors de la construction de l'hypertexte, puis raisonner à partir de l'hypertexte construit. Certains systèmes, semblables à MacWeb, procurent des mécanismes de structuration des types pour gérer leurs relations conceptuelles. D'autres, comme Hyperbase, sont basés sur un modèle de données relationnelles.

Il existe encore un cas particulier de typage des liens. Il s'agit de l'introduction de connaissances procédurales de l'expert pour guider de processus de navigation. De tels systèmes intégrant hypertexte et système expert, ont reçu le nom de systèmes *expertextes* [Rada et Barlow, 89]. Les systèmes experts pourvus de connaissances d'expert ont été conçus pour aider les utilisateurs à prendre des décisions, tandis que les systèmes hypertextes, pour diffuser l'information. Les apports mutuels d'un système expert et d'un hypermédia sont évidents : l'intelligibilité des connaissances renforce ici l'expressivité de l'information. Le transfert d'expertise à partir de documents est une tâche traditionnellement difficile pour les systèmes experts, et les hypermédias, au contraire, exploitent l'information dans les documents. L'explication de leurs décisions d'une manière compréhensible pour l'utilisateur est un point faible des systèmes experts. Or les hypermédias sont précisément conçus pour fournir des explications multiples à l'utilisateur. Réciproquement, quand les utilisateurs ont des difficultés pour choisir un lien hypertexte à suivre, un système expert peut les aider à prendre cette décision. Parmi les expertextes utilisant la complémentarité des systèmes experts et hypertextes, nous pouvons citer Trans-ASK [Bareiss et Osgood, 93], Personal Consultant Plus [Raskin, 87], KnowledgePro [Rada et Barlow, 89], CREDO [Akoulchina et Preobrajensky, 94]. L'expertexte Trans-ASK par exemple, offre un accès flexible à une base de vidéo clips contenant des extraits de conversations avec des experts. En début de session, l'utilisateur est questionné comme dans un système expert classique : il identifie son rôle, sa tâche dans ce rôle, et son problème dans l'accomplissement de cette tâche. Une fois établie son aire d'expertise à explorer, l'utilisateur est ensuite guidé par des connaissances du contexte du système. Les auteurs ont dégagé huit catégories d'information qui peuvent se rencontrer dans la conversation : le contexte, la cause, le résultat, l'analogie, etc. Les liens hypermédias sont typés selon ces huit classes prédéfinies et modélisent le contexte de navigation. Les questions des utilisateurs naviguant sur le système Trans-ASK sont alors anticipées par des suggestions de réponses classées par catégories. Ainsi, les connaissances procédurales dans les expertextes guident les utilisateurs dans leurs navigations à travers l'hypertexte. Cependant, cette assistance est « dictatoriale » et inflexible : les utilisateurs n'ont pas la liberté de navigation et reçoivent une espèce d'administrateur qui ordonne les actions suivantes et contrôle toutes les situations.

### *2.1.3. Systèmes hypermédias de recherche d'information*

L'amélioration de l'accès à l'information dans les hypermédias par l'introduction de connaissances ne consiste pas seulement en des facilités avancées de navigation. Les connaissances introduites offrent en outre de nouveaux moyens d'accès à l'information dans un hypermédia. Plus précisément, des possibilités de recherche d'information faisant appel au traitement de *requêtes* composées par les utilisateurs, peuvent être introduites dans un hypermédia à base des connaissances intégrées. Nous appelons de tels systèmes des *hypermédias de recherche d'information (HRI)*.

Rappelons les deux types d'accès à l'information interactive que nous avons précédemment mis en évidence : l'*interrogation* et la *navigation* (cf. § 2.1.1.). Un système hypermédia à base de connaissances enrichi de possibilités de recherche d'information intègre ces deux techniques et propose à l'utilisateur des moyens d'accès à l'information plus performants et plus souples. Les noeuds hypermédias étant indexés à leurs expressions formelles dans la base de connaissances, les critères de recherche peuvent se ramener à un raisonnement formel sur ces connaissances pour déduire les éléments qui représentent les documents recherchés. De plus, l'ajout de possibilités de recherche d'information rend l'accès à l'information hypermédia moins dépendant d'un cheminement le long de liens sur un réseau prédéfini - on peut aussi trouver l'information pertinente en calculant dynamiquement de nouveaux liens entre noeuds à l'aide d'un raisonnement sur les connaissances formalisées.

Une variété d'approches d'intégration de stratégies de recherche d'information dans les hypermédias a été proposée. Par exemple, le système $I^3R$[Thompson et Croft, 89] et un manuel médical [Frisse, 88] utilisent tous deux des stratégies de recherche basées sur les requêtes pour former une liste de candidats de « points de départ » pour la navigation. Le système $I^3R$, en outre, utilise des *rétroactions*[1] d'utilisateur pendant qu'il navigue dans l'hypertexte, pour modifier la requête initiale et localiser des points de départ additionnels. Parmi d'autres stratégies, on peut citer le regroupement documentaire[2] [Willett, 88], la recherche par propagation active[3] [Croft et al., 89], ou encore, les modèles de recherche probabilistes [Croft et Turtle, 93].

L'espace de recherche dans les hypermédias de recherche d'information est habituellement très large et difficilement structuré. Les liens ne sont pas tous figés, ne sont pas construits en une seule fois par un auteur du réseau. Au contraire, ils sont *dynamiques*, calculés et recalculés par le système lui-même, à l'aide, par exemple, de mesures de similarités entre les noeuds.

Cependant, l'insertion de possibilités de recherche d'information dans les hypermédias soulève certains problèmes. Le premier problème est la difficulté pour l'utilisateur de *formuler précisément sa requête*. Plusieurs travaux ont démontré que pour la plupart des utilisateurs la navigation est une stratégie préférable à « des stratégies analytiques qui

---

[1] en anglais : feedback
[2] en anglais : document clustering
[3] en anglais : spreading activation

exigent une formulation de requêtes spécifiques bien structurées » [Drummond, 92], [Hammond et al., 97], [Thompson et Croft, 89]. Quand l'utilisateur est incertain de décrire son but puisqu'il « ... réfléchit naturellement aux catégories des choses non pas en termes d'attributs formels mais en termes d'exemples » [Fisher et Nieper-Lemke, 89], la navigation semble être un procédé plus naturel et effectif. Pourtant, les systèmes hypermédias « purs », dépourvus de possibilités de recherche d'information pèchent en l'efficacité et en rapidité d'accès à l'information : en ayant des connaissances incertaines et incomplètes quant à son but, l'utilisateur est très dépendant d'un cheminement itératif de liens prédéfinis. Trouver les bons « points de départ » de navigation est un des avantages de l'introduction de sous-systèmes de recherche d'information dans des systèmes hypermédias. Mais pour aider l'utilisateur à formuler des requêtes, il faut en outre faire appel à des assistants intelligents.

Le deuxième problème soulevé par les systèmes hypermédias de recherche d'information est le *choix* d'*un lien* à suivre parmi tous les liens dynamiques créés par le système et menant vers des noeuds pertinents, conformes à une requête. L'intérêt d'un assistant intelligent qui guide l'utilisateur dans ses navigations est dès lors évident. Cet assistant pourrait aider l'utilisateur à composer une requête, et une fois retrouvés les documents pertinents, à les filtrer en se basant sur un modèle adaptatif d'utilisateur, ses buts et ses préférences. *Les systèmes hypermédias de recherche d'information adaptatifs (HRIA)* permettent donc aux utilisateurs d'accéder à l'information de manière plus flexible, en utilisant pour les recherches des descriptions conceptuelles personnelles à côté des mots clés traditionnels. Par exemple, étant donnée une requête contenant une liste de mots clés et une liste de concepts personnels, un système adaptatif est capable de trouver une liste ordonnée des unités d'information conformes à la requête [Mathé et Chen, 96]. Ou encore, il peut classer la liste des unités pertinentes augmentée des unités connectées par de nouveaux liens de type « voir_aussi » qui ont été déduits et ajoutés dynamiquement [Aboud et al., 93]. Dépendantes des applications particulières, ces unités d'information peuvent correspondre à un document entier, à une page, ou à un noeud hypermédia. Les descriptions conceptuelles peuvent se rapporter aux tâches, buts, problèmes, sujets spécifiés explicitement par l'utilisateur ou déduits automatiquement par le système.

Une classe particulière de systèmes HRI sont ceux développés dans l'environnement du *World Wide Web* où les liens sont peu typés et l'hyper-espace est potentiellement illimité. Le besoin d'un assistant intelligent qui apprend les buts et les préférences de l'utilisateur particulier naviguant dans cet environnement et qui adapte l'interface à cet utilisateur, devient ici crucial. Etant donné que notre système adaptatif appartient à cette classe, et vu la variété des nombreuses approches proposées, nous consacrons un chapitre entier (§ 4.) à l'analyse des différents systèmes HRIA sur Web et à leur comparaison avec notre approche.

## 2.2. Adaptabilité des hypermédias

Avec des méthodes d'organisation de l'information particulières et des méthodes multiples d'accès à cette information, les systèmes hypermédias ont trouvé leur utilité dans des domaines différents. Les systèmes *éducatifs* enseignent à l'utilisateur des cours et des matières particuliers ; les systèmes *d'aide immédiate* offrent une assistance dépendant du contexte pour une application quelconque ; les hypermédias *institutionnels* soutiennent le travail d'une certaine institution, par exemple, une banque [Vassilieva, 96]. Enrichis de connaissances sur les utilisateurs particuliers, ces systèmes deviennent *adaptatifs,* capables de reconnaître chaque utilisateur, ses buts courants, ses intentions, ses préférences et ses connaissances pour *adapter* l'hypermédia à cet individu. Nous adoptons pour définition des hypermédias adaptatifs celle proposée par Peter Brusilovsky, qui a le premier décrit et analysé ces systèmes : [Brusilovsky, 96]

**Définition 2.2. [Hypermédia adaptatif] :** *Système hypertexte ou hypermédia qui reflète les caractéristiques particulières d'un individu dans un modèle d'utilisateur, et applique ce modèle pour adapter des aspects visibles de ces systèmes à cet utilisateur.*

Ainsi, pour être hypermédia adaptatif, le système doit satisfaire trois critères :

- être un système hypertexte ou hypermédia ;

• avoir un modèle d'utilisateur ;

• être capable d'adapter l'hypermédia en utilisant ce modèle (c'est-à-dire être « visiblement différent » pour des utilisateurs des modèles divers).

La figure 2.3. présente l'architecture générale de construction des systèmes hypermédias adaptatifs et révèle leurs composants principaux - un hypermédia qui doit être adapté à l'utilisateur, un assistant d'adaptation, un modèle d'utilisateur et l'effet produit :

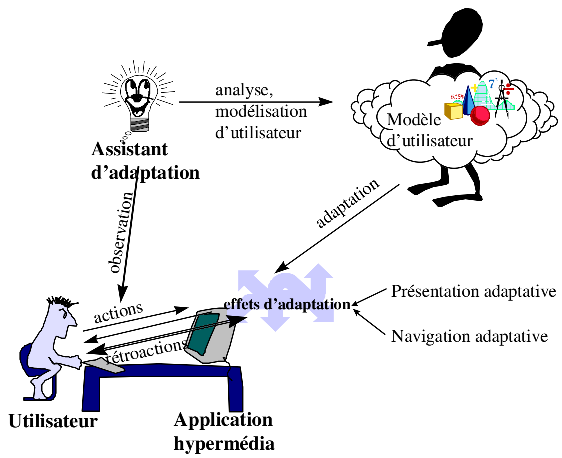



**Figure 2.3.** Hypermédias adaptatifs

Examinons maintenant chacun des trois composants d'un hypermédia adaptatif : à commencer par les différents aspects qui doivent être pris en compte pour la construction d'un modèle d'utilisateur (§ 2.2.1.) ; puis les différentes techniques qu'utilisent les assistants de navigation (§ 2.2.2.-2.2.4.); et enfin l'analyse de deux types de l'effet d'adaptation - une *présentation adaptative* de l'information (dissimulation de certains liens ou annotations) et une *navigation adaptative* (guidage ou support d'orientation dans l'hyper-espace) (§ 2.3.).

### *2.2.1. Un modèle d'utilisateur pour une adaptation*

Dans cette partie, nous essayons de dégager les caractéristiques de l'utilisateur que le système pourrait adapter. Remarquons que ces particularités varient d'un profil d'utilisateur à l'autre et, de plus, peuvent être différentes avec le temps pour le même utilisateur. Parmi les nombreux traits relatifs au contexte du travail de l'utilisateur avec un hypermédia, nous en retenons quatre : ses buts, ses expériences, ses connaissances du domaine et ses préférences.

*2.2.1.1. Buts*

Le but (ou la tâche) d'un utilisateur est une caractéristique liée au contexte de son travail plutôt qu'attachée à lui en tant qu'un individu. Selon le type d'hypermédia, cela peut être un but de recherche (hypermédias de recherche d'information), un but d'apprentissage (hypermédias éducatifs), un but de résolution de problème (applications des hypermédias d'aide immédiate) ou encore, un but de travail (hypermédias institutionnels). Dans tous les cas, le but de l'utilisateur est une réponse à une question générale : « Pourquoi l'utilisateur examine-t-il ce système, qu'est-ce qu'il veut recevoir finalement en guise de réponse ?». Pour s'adapter au but de l'utilisateur, un assistant intelligent propose une aide à la navigation.

Le but d'utilisateur est la caractéristique la plus changeante du modèle : elle peut changer d'une session de travail à une autre, voire même dans le cadre d'une même session. Nous distinguons des buts *généraux* ou à *long terme*, qui sont plus ou moins stables, et des buts *locaux* ou à *court terme,* qui changent assez souvent. Par exemple, dans les systèmes éducatifs, le but final est d'apprendre les matières présentées, et c'est un but général à long terme. Par contre, dans les hypermédias de recherche d'information, les buts sont à court terme - une fois que l'utilisateur a trouvé une information intéressante et qu'il est satisfait, sa tâche courante est achevée, et il peut commencer une nouvelle session avec un nouveau but local.

Extraire le but d'utilisateur pour construire son modèle adéquat est un problème très important et difficile des hypermédias adaptatifs. La plupart des systèmes existants *prédéfinissent* a priori tous les buts possibles et utilisent ensuite des techniques de reconnaissance et d'analyse. Ces méthodes sont assez efficaces lorsque l'ensemble de tous les buts est relativement restreint. Certains systèmes utilisent aussi des représentations de type « but-valeur » où la « valeur » est la probabilité que le « but » soit le but courant d'utilisateur. C'est le cas, par exemple, des systèmes adaptatifs HYPERCASE [Micarelli et

Sciarrone, 96], ORIMUHS [Encarnaçao, 95], HyPlan [Grunst, 93]. Les représentations plus avancées de buts possibles utilisent des hiérarchies arborescentes de tâches, comme dans les systèmes Hynecosum [Vassilieva, 96] et PUSH [Höök et al., 96].

Au-delà d'une certaine taille de l'hyper-espace, *prévoir a priori* tous les buts plausibles de l'utilisateur est impossible. Ainsi, dans les systèmes de recherche d'information, chaque page hypermédia contenant une information peut être un but d'utilisateur. Quand l'utilisateur est incapable de décrire précisément son but de recherches, un assistant intelligent vient à son secours. En observant et analysant ses actions, il essaye *d'apprendre* le but de navigation. Nous évoquons quelques techniques.

Le système PUSH [Höök et al.,96], [Espinoza et Höök, 96] est un hypermédia en ligne pour une gestion de documentation des logiciels orientés objets. Son fonctionnement est basé sur le parcours d'une hiérarchie de tâches d'utilisateur construite préalablement après l'observation et l'analyse du comportement des utilisateurs dans leurs interactions quotidiennes avec le système. Le système propose d'abord à l'utilisateur de choisir sa tâche initiale dans cette hiérarchie. Ensuite, basé sur un algorithme de reconnaissances des plans [Waern et Stenborg, 94] et selon l'observation des interactions d'utilisateur, le système modifie le but courant de l'utilisateur et essaie *d'inférer* de nouveaux buts qui changent avec le temps. Pour une telle déduction, le système utilise un ensemble de règles prédéfinies qui connectent une tâche avec des unités hypermédias relatives.

Le système Active Browsing est un autre hypermédia adaptatif qui essaye aussi d'inférer le but courant d'utilisateur [Drummond, 92], [Holte et Drummond, 94]. Comme PUSH, il s'agit également d'un hypermédia en ligne de recherche d'information dans une bibliothèque des logiciels orientés objets. Ce système n'utilise pas une hiérarchie de buts, ni d'autres connaissances acquises préalablement sur les intentions de l'utilisateur. Le principe de ses raisonnements est basé exclusivement sur les traits extraits d'une observation des actions de navigation de l'utilisateur. A partir de ces traits, un mécanisme d'inférence construit une *hypothèse* de but d'utilisateur et mesure sa pertinence. A l'aide de règles et méta-règles, le système trouve des unités hypermédias qui peuvent intéresser l'utilisateur, qui sont proches de l'hypothèse inférée. Les règles représentant les connaissances du système expliquent comment il peut inférer les intentions de l'utilisateur à partir de ses actions, et les méta-règles contrôlent l'exécution des procédures d'appariement d'une hypothèse inférée avec des unités de base de l'hypermédia.

Un ensemble d'applications intéressantes a été créé à l'aide du système FindMe [Hammond et al., 95], [Burke et al., 97]. Des assistants de navigation de ces applications aident l'utilisateur dans les différents domaines : selon ses buts et ses goûts, ils l'aident à choisir une nouvelle voiture, à acheter ou louer une cassette vidéo, à rendre/louer un appartement, à choisir un restaurant ou à configurer un système audio pour la maison. Ici l'espace de recherche est très étendu, les buts potentiels sont tous les noeuds hypermédias possibles, c'est pourquoi la base de connaissances ne peut pas utiliser de hiérarchie de tâches ou des règles prédéfinies de déduction des buts. L'approche FindMe utilise une méthode d'intelligence artificielle qui s'apparente au raisonnement à partir de cas (RpC). Pour estimer le but de l'utilisateur et établir les critères de ses préférences, le système lui propose d'abord de remplir un questionnaire ou de choisir directement un modèle préféré parmi tous ceux qui lui sont présentés. Ensuite, en extrayant de ces modèles des traits qui décrivent les goûts de l'utilisateur, il effectue une recherche hiérarchique, basée sur les similitudes de traits extraits avec les caractéristiques stockées dans la base hypermédia de recherche d'information. Pour renforcer les prévisions des préférences d'utilisateur, FindMe utilise des rétroactions en réponse à ses suggestions.

#### *2.2.1.2. Préférences*

Pour des raisons différentes, l'utilisateur peut préférer certains noeuds et liens hypermédias aux autres. De telles préférences peuvent être *absolues,* si elles ne changent pas, ou *relatives*, dépendant du contexte, du but et du noeud courants. Les préférences sont des caractéristiques des hypermédias de recherche d'information, des hypermédias institutionnels et de gestions des vues actives d'utilisateur. En outre, pour les hypermédias de recherche d'information sur les grands espaces, les buts de recherche sont souvent exprimés par les préférences comme nous l'avons montré sur l'exemple du système FindMe dans la partie précédente. Les connaissances acquises sur les préférences sont la seule information gardée constamment dans les modèles d'utilisateur des hypermédias adaptatifs.

L'utilisateur doit informer l'assistant d'adaptation de ses préférences. Il peut le faire de manière *directe* - en remplissant des formulaires, - ou *indirecte* - en lui envoyant des rétroactions après chacune des suggestions de l'assistant. Les assistants, ou *agents intelligents d'interface* peuvent généraliser les préférences de l'utilisateur et les appliquer pour les adaptations dans de nouveaux contextes. Certains systèmes accumulent les préférences de plusieurs utilisateurs et les rassemblent dans un *modèle de groupe d'utilisateurs* [Kaplan et al., 93], [Mathé et Chen, 96]. Les modèles de groupes d'utilisateurs sont très importants pour un travail de collaboration - toutes les personnes du collectif partagent alors des préférences communes et des points de vues semblables sur un même sujet. Dans le cadre du Web dont l'espace est immense, le problème d'apprentissage des préférences d'utilisateur se pose de manière aiguë. La partie 4.2. de cette thèse est consacrée spécifiquement aux méthodes et aux techniques d'apprentissages des préférences des utilisateurs naviguant sur le Web.

#### *2.2.1.3. Connaissances du domaine*

Les connaissances de l'utilisateur sur le domaine d'application qui doivent être apprises est la caractéristique la plus importante dans la construction du modèle d'utilisateur pour les hypermédias éducatifs. Ces connaissances peuvent beaucoup varier d'un utilisateur à l'autre, et les connaissances d'un utilisateur particulier peuvent aussi changer rapidement au fur et à mesure qu'il étudie certains sujets. La même page peut ne pas être claire pour un novice, et en même temps, triviale et ennuyante pour un utilisateur avancé. Les hypermédias adaptatifs d'éducation doivent donc être capables de distinguer des profils différents d'utilisateurs selon leurs connaissances acquises et procurer une aide de navigation sous le forme de cheminements adaptés à l'individu. Sans un tel assistant intelligent, l'utilisateur peut « se perdre » même dans un hyper-espace suffisamment petit, où il peut appliquer des stratégies de navigation très inefficaces [Brusilovsky, 96], [Kay et Kummerfeld, 94].

Le plus fréquent paradigme de représentation des connaissances d'utilisateur dans des hypermédias adaptatifs est le « modèle de *couches*[1] ». Son principe est de refléter les connaissances individuelles de l'utilisateur comme « une couche » d'une certaine épaisseur du modèle du domaine. Le modèle structural du domaine est présenté par une sorte de réseau sémantique des *concepts*. Ces concepts, nommés différemment dans des systèmes différents - sujets, thèmes, éléments de connaissances, objets, unités d'apprentissages, etc. - expriment des pièces élémentaires de connaissances d'un domaine particulier. Dans la plupart des hypermédias éducatifs (Hypadapter [Hohl et al., 96], InterBook [Brusilovsky et Schwarz, 97], KN-AHS[Kobsa et al., 94], etc.), ces concepts autant que les liens entre eux sont typés, ce qui représente en ensemble, des classes différentes de connaissances du domaine et leurs relations hétérogènes. Dans le « modèle de couches », à chaque concept du modèle du domaine est associée une valeur d'estimation des connaissances de l'utilisateur sur ce concept. Selon les approches, cette estimation peut être simplement une valeur binaire « connu - inconnu », une mesure qualitative « bien - satisfaisant - mauvais », ou une probabilité que l'utilisateur connaisse ce concept. L'ensemble des couples « concept - valeur » constitue alors le modèle de couches. Ce modèle est assez puissant et flexible, il peut mesurer indépendamment les connaissances de l'utilisateur à propos de sujets différents du domaine à étudier. La difficulté est l'initialisation d'un tel modèle. En général, pour commencer une session, les systèmes essayent d'élucider le niveau de connaissances de l'utilisateur-élève en l'interrogeant. Mais même après une assez longue interview, constituer tous les couples « concept - valeur » reste une tâche très difficile.

Un autre paradigme de représentation des connaissances du domaine de l'utilisateur est le modèle des « *stéréotypes* » ([Boyle et Encarnacion, 94], [Hohl et al, 96]). Il distingue par défaut plusieurs types ou stéréotypes d'utilisateurs, par exemple, novice, mal-expérimenté, moyen, expert. Ces types sont attribués à l'utilisateur pour tout domaine d'apprentissage ou pour un sous-domaine d'un sujet. Des modèles un peu plus avancés représentent des modèles d'élèves comme des couples binaires « stéréotypes - valeurs » où les valeurs ne sont plus simplement booléennes, mais probabilistes, qui expriment la

---

[1] en anglais : overlay model

vraisemblance d'appartenance d'un utilisateur à un certain stéréotype. Le modèle de stéréotypes est plus simple, mais beaucoup plus figé et moins expressif que le modèle des couches. De bons résultats ont été obtenus par les hypermédias adaptatifs qui combinent ces deux techniques, par exemple les systèmes Hypadapter [Hohl et al., 96] et KN-AHS[Kobsa et al., 96]. Ils utilisent la modélisation des stéréotypes en début de session pour classifier le profil d'utilisateur et attribuer des valeurs aux concepts d'apprentissage, et continuent ensuite le processus d'adaptation à base de modèles des couches.

Remarquons encore que plusieurs systèmes adaptatifs intègrent dans le modèle d'utilisateur des *connaissances de fond* : sa profession, son expérience du travail dans le domaine considéré, ses points de vues différents sur le sujet, etc. Certains systèmes adaptent une présentation hypermédia à ces connaissances acquises (InterBook [Brusilovsky et Schwarz, 97], C-Book[Kay et Kummerfeld, 94]), d'autres appliquent des techniques de navigation adaptative (Adaptive HyperMan [Mathé et Chen, 94]).

#### *2.2.1.4. Expériences*

Nous distinguons ici les connaissances de l'utilisateur sur un domaine particulier et son expérience de communication, c'est-à-dire, sa familiarité avec une structure d'hyper-espace et son habilité à y naviguer [Vassilieva, 96]. L'utilisateur peut en effet être très coutumier d'une structure d'hypermédia mais connaître peu le domaine auquel cet hyper-espace est consacré. Inversement, il peut être un expert dans un domaine quelconque et ne rien savoir sur la structure d'hyper-espace, sur les moyens de navigation et de recherche d'information. Des techniques de navigation adaptative (§ 2.3.2.) sont destinées à l'accommodation de ces niveaux et manières d'interactions avec un hypermédia.

### *2.2.2. Deux techniques de modélisation adaptative de l'utilisateur*

L'idée de modélisation adaptative de l'interface pour les utilisateurs différents, n'est pas nouvelle. Plusieurs équipes scientifiques ont essayé de développer des « interfaces intelligentes » pour une grande variété de systèmes, non nécessairement hypermédias. Citons par exemple, les travaux sur la construction d'une « interface adaptative » d'un système conversationnel dont les modes de dialogue s'adaptent aux tâches à accomplir de l'utilisateur [Edmonds, 81]. [Williges et al., 87] propose une « interface flexible » d'un système interactif que l'utilisateur peut configurer selon ses critères personnels subjectifs : préférences quant aux modes de présentation, aux styles d'interactions, etc. D'autres auteurs s'intéressent à une interface écologique où l'utilisateur réagit avec le système comme avec un jeu vidéo pour mettre à profit le type de compétence scientifiquement humaine, déployée lors de ces jeux [Rassmussen et Vicent, 87].

Le but de tous ces travaux est toujours la diminution de la quantité d'information que l'utilisateur doit chercher lui-même et, par conséquent, l'augmentation du temps qu'il peut consacrer à son travail immédiat. Mais jusqu'au début des années 1990 les auteurs considéraient que construire un modèle adaptatif d'utilisateur en temps réel était irréalisable. De telles tentatives ont échoué parce qu'elles se concentraient plutôt sur le scénario d'interaction : ce qu'est l'échange entre l'homme et l'ordinateur, et ce qu'est son rythme et sa solidité. La quantité de connaissances à gérer, ou bien la complexité des raisonnements à produire, compte tenu du domaine, a été la difficulté majeure de ces projets. Ces travaux s'appuient sur des méthodes *pré-programmées*, basées sur des heuristiques, ils ne traitent qu'*a priori* des problèmes d'utilisation de l'interface et ne tiennent pas compte des critiques des utilisateurs.

Ce n'est qu'avec l'apparition d'une nouvelle conception *des agents intelligents d'interface doués de la faculté d'apprentissage*, que les chercheurs commencent à déplacer leur axe de recherche vers l'apprentissage d'activités interactives et développent des systèmes adaptatifs qui ne fonctionnent que grâce aux critiques des utilisateurs.

Nous distinguons ici deux méthodes principales de construction de modèle d'utilisateur pour une interface adaptative : celle pré-programmée et celle expérimentale (ou des agents d'apprentissage) (figure 2.4.). Les deux techniques sont utilisées pour une construction des assistants actifs qui observent les actions d'utilisateur et essaient d'adapter l'interface aux besoins courants de l'utilisateur particulier. La différence est que les assistants basés sur les méthodes pré-programmées ( appelées aussi « démons ») sont basées sur les programmes développés préalablement, pour reconnaître un exemplaire particulier du comportement d'utilisateur ; tandis que les assistants expérimentaux (les agents) *apprennent* les particularités des actions d'utilisateur et décident eux-mêmes quand et comment il faut adapter l'interface.

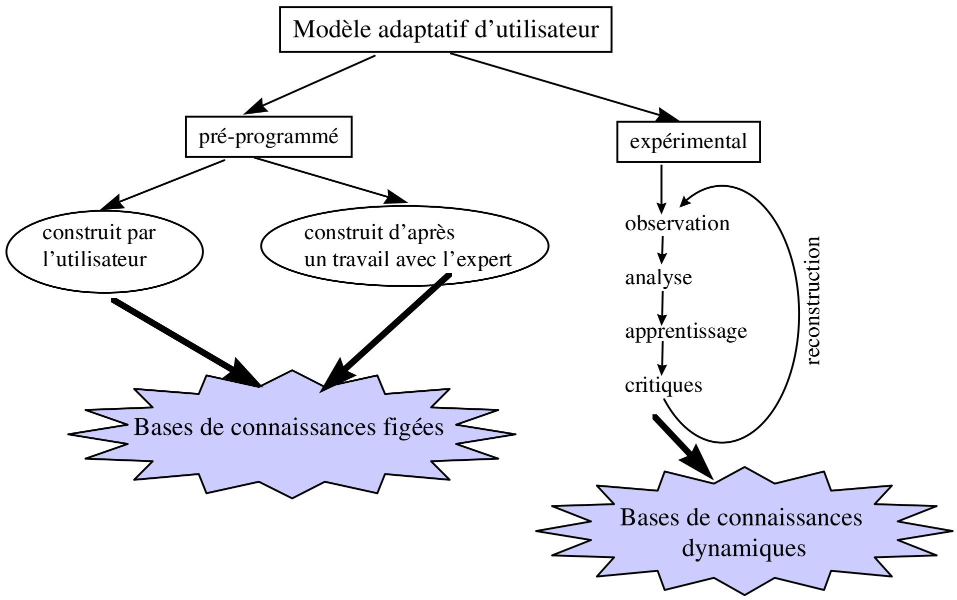



**Figure 2.4.** Techniques de modélisation adaptative de l'utilisateur

Pour construire une base de connaissances, les « démons » utilisent deux approches. La première est un travail traditionnel avec un expert de domaine qui consiste en l'acquisition de connaissances. Ce travail nécessite beaucoup d'efforts et de temps ; une fois ces connaissances acquises, le modèle d'utilisateur ainsi construit reste figé pour toujours et ne permet pas de transférer ces connaissances pour un autre utilisateur ou un autre domaine. De plus, la base de connaissances construite est incomplète, car même un expert très chevronné ne peut pas prévoir toutes les situations d'interactions. En particulier pour les interactions de navigation, pré-programmer toutes les situations dévient impossible.

Une autre approche est de permettre à l'utilisateur lui-même de remplir une base de connaissances, et donc de construire son modèle d'utilisation du système. Pour les applications hypermédias, par exemple, cette approche autorise l'utilisateur à créer de nouveaux noeuds et liens selon ses buts et besoins. Assez efficace pour des hyper-espaces limités, cette approche exige cependant trop d'efforts, de compréhension et de clairvoyance de la part de l'utilisateur. Les critiques habituelles des « démons pré-programmés » sont encore valables ici : les modèles construits sont figés et incomplets.

Contrairement aux interfaces basées sur des méthodes pré-programmées, les systèmes à base d'agents intelligents doués d'apprentissage n'exigent pas trop d'efforts de travail des experts ou des utilisateurs finaux pour compléter la base de connaissances, les connaissances acquises ne sont pas figées et peuvent être facilement réutilisées par les autres utilisateurs et les autres applications. Une fois construit, le modèle d'utilisateur change dynamiquement au fur et à mesure de l'exploration et des critiques progressives des utilisateurs.

### *2.2.3. Agents intelligents doués de la faculté d'apprentissage*

La notion d'agent n'est pas nouvelle. Dans le sens pur aristotélicien, un agent est quelqu'un ou quelque chose qui effectue une action. L'idée de développer un « agent électronique », née dans les années 1950, appartient à John McCarthy et Oliver G.Selfridge de MIT[1]. Ils ont imaginé un système qui « en ayant un but, pouvait effectuer ses propres opérations sur l'ordinateur et pouvait envoyer et recevoir de l'utilisateur des conseils exprimés en langage naturel » [Bradshaw, 97].

Les premiers chercheurs en domaine d'agents ont souligné sa destination essentielle : munir l'utilisateur de l'expérience « du fond », et le priver des tâches routines. Les agents doivent donc être capable de comprendre les besoins d'utilisateur, les traduire en un ensemble de ses propres actions et délivrer les résultats sous une forme compréhensible pour l'utilisateur. Depuis plusieurs décennies, de nombreux chercheurs comme Marvin Minsky (MIT), Alan Kay (Apple), Rodney Brooks (MIT), Allen Cypher (Apple), Tom Mitchell (CMU[2]), Pattie Maes (MIT) ont étudié divers problèmes en Intelligence Artificielle, en robotique et dans des domaines connexes, pour mettre en jeu et améliorer différentes formes de technologie des agents.

---

[1] MIT - Massachussets Institut of Technology
[2] CMU - Carnegie Mellon University

Actuellement, il n'y a pas encore de définition précise d'un agent car il existe une riche palette de points de vue sur la question. Pour décrire ces agents, les scientifiques utilisent un grand nombre d'expressions et de termes différents, comme par exemple, agents intelligents, knowbots (pour knowledge robots), softbots (pour software robots), userbots, taskbots, agents personnels, agents de communication, etc. Pour désigner notre domaine de travail et souligner le but de fonctionnement de l'agent que nous avons développé, essayons de définir un agent intelligent doué de la faculté d'apprentissage, en utilisant les caractéristiques évoquées par deux des fondateurs de cette nouvelle approche : Henry Lieberman [Lieberman, 93] et Pattie Mayes [Mayes, 94]

**Définition 2.3. [Agent intelligent d'interface doué de la faculté d'apprentissage] :** *Un logiciel qui emploie les techniques d'Intelligence Artificielle pour offrir une assistance à l'utilisateur traitant une application particulière et qui exécute indépendamment des actions d'interface selon les buts de l'utilisateur sans intervention explicite.*

Un agent est donc un programme autonome ou semi-autonome qui est capable d'initialiser des actions, formuler un but, construire des plans d'actions, communiquer avec d'autres agents, et répondre de manière adéquate aux événements observés – le tout sans participation directe de l'utilisateur [Bradshaw, 97]. Les agents d'interface dotés de la faculté d'apprentissage agissent comme des assistants personnels en observant « par-dessus l'épaule de l'utilisateur » les actions de celui-ci et en apprenant comment réagir dans son intérêt. Ainsi, ils appartiennent à la classe des *consultants interactifs à base de connaissances* qui « assimilent de nouvelles connaissances en observant et analysant des pas de solution des problèmes effectués par leurs utilisateurs pendant leur utilisation normale du système » [Dent et al., 92].

Indépendant du domaine d'application l'agent intelligent d'interface doit posséder de caractéristiques communes. Il doit être

- *autonome*, car il décide lui-même quand et comment réagir dans une situation ;

• *non-astreignant*, car il suggère seulement une action suivante, mais n'insiste jamais et tient compte des critiques des utilisateurs ;

• *adaptatif*, car il est capable de s'améliorer continûment pour chaque profil d'utilisateur, et, enfin,

• pour être « *intelligent* », l'agent doit pouvoir apprendre, c'est-à-dire, « accroître ses performances dans le temps » [Nwana, 96].

Nous dégageons maintenant quatre sources d'acquisition de connaissances et de construction du modèle adaptatif de l'utilisateur pour les agents intelligents doués de la faculté d'apprentissage (figure 2.5.) :

1. Observation et imitation de l'attitude générale de l'utilisateur, de ses actions répétitives ;

2. Analyse des rétroactions de l'utilisateur correspondant aux conseils (des actions) proposées par l'agents ;

3. Apprentissage à partir des exemples explicitement données par l'utilisateur ;

4. Communication avec d'autres agents qui ont déjà trouvé des solutions pour des mêmes problèmes (collaboration multi-agents).

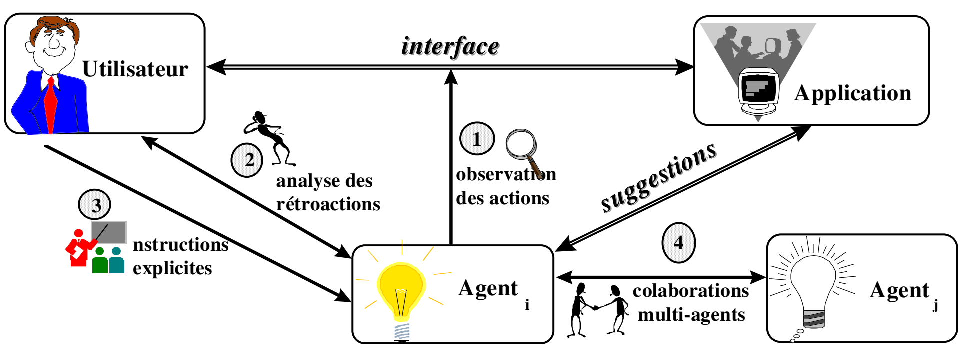



**Figure 2.5.** Sources d'acquisition de connaissances pour l'agent intelligent d'interface doué de la faculté d'apprentissage

Une simple observation des actions d'utilisateur « par-dessus son épaule » procure une information insuffisante pour la construction d'un modèle « correcte » d'utilisateur, surtout pour les tâches de navigation hypermédia. Comme nous l'avons déjà accentué, en général, les actions de navigation d'utilisateur ne mènent pas directement et non ambigument vers le but de recherches. Ce fait a été plusieurs fois souligné dans une grand nombre de travaux sur les hypermédias adaptatifs [Brusilovsky, 96], [Holte et Drummond, 94], [Vassilieva, 96]. Les seules informations que l'agent intelligent puisse extraire à partir d'observation des actions d'utilisateur sont une séquence de noeuds et de liens choisis par l'utilisateur pendant son parcours de l'hypermédia, des contenues de noeuds explorés et le temps dépensé pour examiner chaque noeud. Une possible solution pour acquérir plus d'information à propos des buts et des préférences d'utilisateur, est *de l'entraîner dans le processus de construction de son modèle*. Nous analysons dans la partie suivante (§ 2.2.3.1.) certaines méthodes d'une telle pratique.

#### *2.2.3.1. Connaissances fournies par l'utilisateur*

Comme le montre la figure 2.5., pour aider l'agent d'interface à construire un modèle d'utilisateur plus précis, l'utilisateur peut collaborer de deux manières :

- en envoyant des rétroactions en réponse de suggestions de l'agent, et
- en lui instruisant explicitement à propos de ses buts courants et préférences.

Les *rétroactions* sont une forme du contrôle d'utilisateur sur l'agent et, elles jouent un rôle crucial dans les systèmes d'apprentissage. Plutôt que de deviner si une information hypermédia suggérée à voir plaît à l'utilisateur, l'agent le lui demande ouvertement. Ide et Salton [Ide et Salton, 71] ont démontré que les rétroactions peuvent renforcer l'efficacité des systèmes de recherche d'information à 50% dans les situations où les utilisateurs s'intéressaient à retrouver toute l'information pertinente, et à 20% dans les situations où ils cherchaient partiellement.

Des systèmes différents utilisent des méthodes divers permettant à l'utilisateur d'envoyer des rétroactions. Par exemple, ils peuvent exiger d'évaluer explicitement des documents suggérés à voir par l'agent. Des échelles de telles estimations varient beaucoup d'un système à l'autre : certains d'entre eux proposent à donner une note numérique ou symbolique, d'autres demandent à sélectionner un icone exprimant une mesure d'estimation - l'utilisateur doit par exemple, choisir un visage souriant ou triste. Des paramètres à estimer dans les rétroactions varient également d'un système à l'autre : l'agent peut demander à évaluer un contenu hypermédia proposé, ses mots clés, des auteurs, des titres et sous-titres, etc. Pour un tel type de rétroactions, l'utilisateur doit être cependant sûr de ses préférences et de ses buts.

Tous les agents pratiquant les rétroactions essayent de trouver un bon équilibre pour rendre ces rétroactions non rigoureuses et non astreignantes. Si, après chaque suggestion de l'agent, l'utilisateur doit lui confirmer sa satisfaction ou son mécontentement, les rétroactions deviennent trop « embêtantes », ce qui perturbe l'utilisateur et lui empêche d'effectuer sa tâche primaire. Le problème de l'agent est donc de pressentir le bon moment : *quand* demander des rétroactions, et *en quelle forme* les demander.

La deuxième approche où l'utilisateur peut aider l'agent à se procurer des connaissances pour construire un modèle « correcte » est une instruction directe à propos de ses buts et de ses préférences. Selon Oppermann, cette méthode s'appelle une *« adaptabilité soutenue d'une manière adaptable »*[1] [Oppermann, 94], parce que le système devient non pas seulement *adaptative* (quand il essaye de trouver une suggestion tout seul), mais aussi « *adaptable* », ce qui permet à l'utilisateur de s'infiltrer dans le processus d'adaptabilité et de le modifier dynamiquement.

Des systèmes différents poussent l'utilisateur à collaborer de manières diverses. En général, ils lui offrent des outils permettant de montrer directement sur l'écran d'ordinateur ce que l'utilisateur désire voir dans le contexte donné. Par exemple, les systèmes HYPERFLEX [Kaplan et al., 93] et HieNet [Chang, 93] laissent l'utilisateur manipuler une liste de liens hypermédias sans intermédiaire et, pour continuer une construction automatique de réseau hypermédia, ils utilisent ensuite des différentes techniques d'apprentissage à partir de ces exemples explicites.

---

[1] « adaptively supported adaptability » en original

HYPERFLEX est un système informatique en ligne contenant des ensembles de liens pour chaque profil d'utilisateur, ce qui permet à chacun d'avoir son propre hyper-espace selon ses buts et préférences. L'utilisateur crée d'abord ces hyper-espaces individuels en désignant son but courant parmi des buts affichés et HYPERFLEX lui présente une liste des liens pertinents qui mènent vers l'information désirée. Les liens dans cette liste sont classifiés selon leurs pertinences au noeud courant. Maintenant l'utilisateur peut changer l'ordre des liens dans cette liste - en les glissant par les mouvements de souris plus haut (plus pertinents) ou plus bas (moins pertinents) dans la liste. De plus, l'utilisateur peut créer des nouveaux liens et des nouveaux buts et les ajouter dans la liste du système. A partir de telles instructions explicites HYPERFLEX construit et modifie dynamiquement le modèle du profil d'utilisateur gardé dans une simple structure de matrice de pertinence.

L'utilisateur de HieNet est aussi invité à fournir au système des exemples des liens lors de la conception même du réseau hypermédia. Pour cela l'utilisateur clique tout simplement sur un des termes d'hypertexte, une liste des noeuds de ses destinations possibles est affichée ensuite et l'utilisateur peut choisir un de ces noeuds pour voir le texte lui associé. A partir de ces exemples explicitement donnés par l'utilisateur, le système construit automatiquement le reste du réseau en utilisant une mesure de similarité entre des liens. Cette mesure constitue un modèle d'utilisateur et est définie à partir des attributs associés aux liens, par exemple, des adresses de noeuds de source et de destination pour un lien, un type de lien, un nom d'auteur du lien, une date de sa création, etc. Les contenus de noeuds sont représentés par un modèle de Salton [Salton, 88] des vecteurs de termes pondérés. La mesure de similarité entre des noeuds est définie comme un produit interne de ces vecteurs.

Des autres systèmes ressemblants MetaDoc [Boyle et Encarnacion, 94], PUSH [Höök et al., 96] ou KN-AHS [Kobsa et al., 94] adaptent des contenus des pages hypermédias selon une méthode de « secouement » de texte. Ils montrent ou cachent certaines parties d'hypermédias, en ne laissant visibles que des marqueurs sur ces parties. L'utilisateur peut alors tirer des languettes des marqueurs pour visualiser/dissimuler les morceaux des hypermédias. Cela apporte des connaissances au système quelle sorte d'information l'utilisateur désire (ou au contraire ne souhaite pas) recevoir actuellement. MetaDoc et KN-

AHS, qui sont les systèmes éducatifs, modifient ensuite des niveaux de connaissances d'utilisateur dans leurs modèles d'utilisateur. Quant au système en ligne de recherche d'information PUSH, il infère le but courant d'utilisateur à base de ces nouvelles informations fournies par l'utilisateur explicitement.

Pour permettre l'utilisateur de munir l'agent des nouvelles connaissances le système doit posséder une interface spéciale, « adaptable » aux besoins d'utilisateur. Par exemple, l'interface doit offrir à l'utilisateur des possibilités de glisser des liens, de plier et déplier des fragments d'hypertexte, d'envoyer ses rétroactions dans des différentes formes, etc. Autrement dit, le système doit être « centré sur l'utilisateur » et adaptable par l'utilisateur. Mais l'entraînement de l'utilisateur dans le processus de construction d'hypermédia n'est ici qu'une des sources d'acquisition de connaissances. Contrairement aux systèmes basés sur des méthodes « pures » pré-programmées (§ 2.2.2.), qui permettent également à l'utilisateur de remplir par lui-même une base des connaissances fixes sur ses préférences et intentions ; les agents intelligents utilisant des instructions explicites des utilisateurs, continuent par la suite le processus d'apprentissage dynamique et offrent des propositions adaptatives. De plus, plusieurs travaux ont démontré que l'apprentissage d'un agent par des instructions précises d'un utilisateur n'ajoute pas trop de temps par rapport au temps dépensé pour une simple navigation sans apprentissage, seulement 4 secondes par lien de plus en général. Mais ces efforts complémentaires portent ses fruits : le temps final de recherche ralentit sur 35%, le nombre de pages hypermédias examinées diminuent sur 28% et une précision augmente sut 8% [Kaplan et al., 96][Chang, 93].

### *2.2.4. Trois types d'apprentissage pour l'adaptabilité*

Comme chaque programme appartenant à la classe de systèmes à base de connaissances acquises grâce à l'apprentissage, l'agent intelligent d'interface intègre dans son architecture les suivants composants - un système d'acquisition de connaissances, une base de connaissances, un mécanisme d'inférence et un mécanisme d'apprentissage. Mais deux conditions d'utilisation particulières distinguent les agents intelligents d'interface des autres logiciels à base de connaissances :

1. Les domaines d'application doivent contenir beaucoup d'actions répétitives d'utilisateur ;

2. Ces actions répétitives doivent être différentes selon les utilisateurs.

Les deux conditions de l'utilisation des agents intelligents dotés de la faculté d'apprentissage sont parfaitement respectées dans les domaines de construction des hypermédias adaptatifs : des utilisateurs différents préfèrent de diverses stratégies de navigation sur hypermédias et pendant ce temps effectuent beaucoup d'actions répétitives. Alors, l'agent peut apprendre et transmettre les connaissances sur l'utilisateur particulier : ses goûts et préférences quant à l'exploration de réseau hypermédia ; autant que les connaissances sur la tâche : les buts de recherche d'information et les stratégies de navigation.

La construction des agents intelligents pour des domaines d'hypermédia se complique par encore deux faits complémentaires. Le premier problème est que l'information disponible pour un apprentissage des buts et des stratégies des utilisateurs, est très *ambiguë* et contient du *bruit*, car l'utilisateur n'avance pas vers son but d'une manière directe et régulière ; au contraire, il fait beaucoup d'actions superflues et redondantes. Le deuxième problème est que l'apprentissage doit être effectué *en temps réel*, c'est-à-dire l'agent doit réagir après chaque action de navigation de l'utilisateur.

L'apprentissage est donc impossible si l'agent ne peut pas discerner une certaine régularités dans les actions de l'utilisateur. Si l'utilisateur et sa tâche changent d'une expérience à une autre, l'agent ne pourra rien apprendre, ni adapter le système au besoins de l'utilisateur. Par contre, si l'utilisateur ou son but restent constants, on peut distinguer trois types d'apprentissage pour les agents intelligents adaptant l'interface (figure 2.6.) :

| | La même tâche | Une nouvelle tâche |
|---|---|---|
| Le même utilisateur | Modélisation dynamique et individuelle de l'utilisateur + adaptation dynamique **'Apprentissage amnésique'** | Acquisition et transfert de connaissances à propos de l'utilisateur **Apprentissage centré sur utilisateur** |
| Un nouvel utilisateur | Acquisition et transfert de connaissances à propos de la tâche **Apprentissage centré sur tâche** | adaptation et apprentissage sont impossibles |

**Figure 2.6.** Types d'apprentissage des agents intelligents d'interface

Le carré haut droit de figure 2.6. représente les bénéfices qui peuvent s'accumuler grâce au transfert des connaissances acquises à propos du même utilisateur. L'agent apprend les goûts, les buts et les autres caractéristiques d'un utilisateur particulier et garde cette information dans un modèle d'utilisateur pour adapter une nouvelle tâche aux besoins de cet utilisateur. C'est le cas *d'apprentissage centré sur l'utilisateur*, car l'agent devient ici vraiment un assistant *personnel*, une sorte de « secrétaire dévoué » qui a bien appris les habitudes de son « maître » et continue à approfondir ses connaissances à fur et au mesure que l'utilisateur se lance vers des nouvelles tâches.

Le carré bas gauche de figure 2.6. représente une situation où l'agent peut utiliser des connaissances acquises sur une tâche commune pour des différents utilisateurs. Cette approche est souvent utilisée pour une construction des « profils de groupes d'utilisateurs » : si un utilisateur a trouvé une solution pour un certain problème, l'agent apprend cette solution et la propose aux autres, ayant les mêmes problèmes. C'est un *apprentissage centré sur la tâche*, où les agents essayent de spécifier des caractéristiques définissant une certaine tâche et d'utiliser ensuite ces connaissances acquises pour adapter la même tâche à nouvel utilisateur en nouvelle situation. Il existe pourtant encore une approche pour apprendre la tâche courante d'utilisateur : plutôt qu'observer une similarité entre des caractéristiques de la tâche commune, les agents cherchent une similarité entre les utilisateurs, leurs goûts et intentions. En ce cas on parle des collaborations multi-agents, quand plusieurs agents échangent des connaissances acquises sur les utilisateurs différents. Cependant, cette approche suscite certains problèmes. Si le nombre des différents utilisateurs n'est pas grand et le volume d'information utilisée dans la tâche commune est, au contraire, excessif, il existe un danger de convergence éparpillée des mêmes profils d'utilisateurs.

Si pendant certain temps l'agent observe le même utilisateur effectuer la même tâche, il peut acquérir des *connaissances temporaires* à propos de cette situation et adapter l'interface à fur et au mesure à ce contexte (carré haut gauche de figure 2.6.). Une fois l'utilisateur termine sa tâche courante, l'agent oublie toutes les connaissances acquises et recommence le procédé pour une nouvelle séquence d'actions d'utilisateur. C'est le cas d'apprentissage soi-disant *« amnésique »,* apprentissage à court terme (§ 2.2.1.1.). Strictement parlant, dans ce cas il ne s'agit pas d'apprentissage classique (définition 1.1.), car l'agent ne garde, ni ne transfère les connaissances sur la tâche et sur l'utilisateur. L'agent a seulement le temps d'une session de navigation pour apprendre le but final de l'utilisateur : une fois ce but achevé, les connaissances acquises deviennent « périmées » et doivent être oubliées. Tout de même, nous insistons sur l'application du terme « apprentissage » dans cette situation. Car l'utilisateur ignore lui aussi le but précis de ses recherches et navigations, alors, c'est à l'agent *d'apprendre* ce que veut l'utilisateur et de le guider vers un bon aboutissement du procédé. On parle ici d'une sorte d'apprentissage *par inertie* : l'agent essaye d'anticiper les prochaines actions dans la même direction des navigations qui a été choisie par l'utilisateur. En s'appuyant sur ses connaissances acquises l'agent peut néanmoins proposer à l'utilisateur de changer cette direction des navigations au cours d'une session. Une forme d'un tel « apprentissage exploratoire » [Jonassen et Mandl, 90], où l'utilisateur et l'agent essayent ensemble de découvrir le but de navigation, a été étudié dans le cadre de cette thèse. L'apprentissage « amnésique » de l'agent intelligent SAGE a été utilisé pour la construction du modèle adaptatif de l'utilisateur naviguant le réseau hypermédia du système SATELIT. Définissons donc ce type d'apprentissage particulier :

**Définition 2.4. [Apprentissage « amnésique » de l'exploration d'hypermédia] :** *Activités d'un agent intelligent d'interface qui observe et analyse les actions d'une session de navigations sur un hypermédia d'un utilisateur, afin d'anticiper le but final de la session et d'adapter l'interface d'hypermédia à cet utilisateur.*

Pour résumer, soulignons les principales caractéristiques des agents de l'apprentissage « amnésique ». Ils :

1. apprennent les buts et les préférences d'un utilisateur particulier durant une session d'interactions, ***les connaissances acquises ne sont pas transférables*** envers d'autres utilisateurs et d'autres tâches;

2. apprennent en *temps réel*, « en ligne »;

3. apprennent le *but courant*, après avoir fini une session d'interactions, ***les connaissances acquises sont surannées*** et, donc, oubliées;

4. apprennent en état de *bruit* et d'*ambiguïté* de l'information, car l'utilisateur est incertain de son but ;

5. *ne s'imposent pas,* le contrôle est incessamment chez l'utilisateur, et tous les noeuds hypermédias sont *toujours accessibles* par l'utilisateur.

Examinons maintenant les différentes techniques de la modélisation de l'utilisateur. et les différents aspects qui doivent être pris en compte pour assurer l'adaptabilité de l'hypermédia à l'utilisateur.

## 2.3. Méthodes et techniques des effets d'adaptation

Dans cette partie nous nous intéressons aux moyens de construction d'hypermédia adaptatif et aux effets produits. Quels *visibles traits* d'un système peuvent être adaptés aux différents utilisateurs et à base de quelles techniques ? Compte tenu qu'un hypermédia ne consiste qu'en un ensemble limité de caractéristiques particulières - des nœuds (ou hyper-pages), des arcs et des liens entre nœuds et arcs (§ 2.1.1.), - tout ce qui peut être adapté dans un hypermédia, ce sont des contenus de ses hyper-pages ou de ses liens. Dans le premier cas nous parlons de *l'adaptation au niveau de contenu* où on adapte la *présentation* hypermédia ; dans le deuxième cas nous nous adressons à *l'adaptation au niveau de lien* où on évoque la *navigation* adaptative.

Considérons maintenant en détail des techniques et méthodes pour chaque classe mentionnée ci-dessus. D'après [Brusilovsky, 96] nous distinguons des *méthodes* d'adaptation pour désigner des idées de niveau conceptuel quant à ce *qui* doit être adapté ; et des *techniques* d'adaptation pour dénommer un niveau d'implémentation de ces méthodes, c'est-à-dire, *comment* une adaptation doit être réalisée, à base de quel algorithme. Effectivement, la même méthode conceptuelle peut être mise en oeuvre par des techniques différentes.

### *2.3.1. Présentation adaptative*

L'idée de la présentation adaptative d'un hypermédia est d'adapter le contenu d'une page hypermédia à des différents buts, connaissances et d'autres caractéristiques d'un utilisateur particulier qui accède actuellement à la page mentionnée. Par exemple, un utilisateur bien qualifié peut recevoir une information dont il a besoin, plus précise et moins détaillée, et un novice, par contre, peut avoir accès plutôt aux explications complémentaires. Dans les hypermédias non pas seulement le texte peut être adapté à un individu, mais des autres aspects multimédias - des croquis, des sons, etc. Par exemple, dans le système Trans-ASK [Bareiss et Osgood, 93] c'est les clips vidéos qui sont adaptés pour la présentation à l'utilisateur.

La méthode principale de présentation adaptative des systèmes hypermédias est de donner de différents moyens d'explications d'un contenu de page hypermédia. Nous distinguons des explications additionnelles, pré-requises, et comparatives.

Le but de la méthode des *explications additionnelles* est de cacher certaines parties du contenu hypermédia de l'utilisateur. Ce sont des fragments de textes non pertinents aux niveaux de connaissances d'utilisateur à propos de ce concept ou non relatifs à ses buts courants. Par exemple, un niveau très détaillé d'un concept peut être caché d'un utilisateur expérimenté qui a beaucoup de connaissances à propos de ce concept ; et au contraire, des explications additionnelles peuvent être présentée à un novice dans ce domaine. Par d'autres mots, en plus d'une présentation générale, certaines catégories d'utilisateurs peuvent recevoir une information additionnelle, qui est préparée spécialement pour cette catégorie et cachée pour des autres. Cette méthode est utilisée dans grand nombre des hypermédias éducatifs pour distinguer des utilisateurs-élèves avec des différents niveaux de connaissances à propos d'un sujet, par exemple, KN-AHS [Kobsa et al., 94], Meta-Doc [Boyle et Encarnacion, 94], InterBook [Brusilovsky et Schwarz, 97]. Le système d'information en ligne PUSH [Höök et al., 96] utilise des explications additionnelles pour adapter une page hypermédia aux différents buts d'utilisateurs.

La méthode des *explications pré-requises* change l'information à présenter pour un concept en dépendant d'un niveau des connaissances d'utilisateur à propos des autres concepts relatifs à celui considéré. Cette méthode est basée sur des liens pré-requis entre concepts dans certains hypermédias éducatifs, par exemple, C-book [Kay et Kummerfeld, 94]. Avant de présenter une explication d'un concept, le système insère des explications de tous les autres concepts pré-requis qui ne sont pas actuellement connus par l'utilisateur.

La méthode des *explications comparatives* est basée sur une similarité des liens entre concepts. Si un concept, similaire au concept qui doit être présenté, est connu, l'utilisateur reçoit une explication comparative qui accentue des similarités et différences entre un concept courant et celui relatif. De telles explications comparatives sont particulièrement effectives dans les domaines des hypermédias éducatifs pour des langages de programmation (C-book [Kay et Kummerfeld, 94], SQL Web-Tutor[Pesin et Brusilovsky et Schwarz, 97]).

Les méthodes utilisant ces différentes explications - additionnelles, pré-requises et comparatives sont basée sur les techniques diverses des vérifications de conditions d'affichages des fragments adéquats des contenus. Selon ces techniques, toute l'information possible associée à un concept particulier est divisée en plusieurs morceaux ou *chunks* de textes. Dans le modèle d'utilisateur à chaque chunk est attachée une condition de son affichage. Présentant l'information à propos du concept, le système affiche seulement les chunks dont les conditions d'affichage sont « vraies ». Ces techniques de vérification de conditions d'affichages sont utilisées notamment par C-book [Kay et Kummerfeld, 94], SQL Web-Tutor[Pesin et Brusilovsky et Schwarz, 97], et par beaucoup d'autres systèmes, tous basés sur la programmation prédéfinie des modèles d'utilisateur, ce qui exige beaucoup de travail aux auteurs d'hypermédia (§ 2.2.2.).

Encore une technique de présentation des différentes sortes d'explications à l'utilisateur est un soi-disant *étirage de texte*[1], qui est un type spécial d'hypertexte. L'idée de cette technique est de présenter certains fragments d'hypertexte par des étiquettes ou marqueurs, en tirant lesquels l'utilisateur peut lui-même afficher ces fragments sur la même page, c'est-à-dire qu'il adapte le contenu d'une page hypermédia à soi-même. Inversement, en ayant des fragments dont il n'a pas besoin, l'utilisateur peut les rouler n'en laissant qu'un marquer sur ce texte désormais caché. La différence des systèmes d'étirage de texte et des hypermédias classiques est claire - en suivant des certains liens de type marqueur l'utilisateur ne se retrouve pas à une autre page, mais reste sur la même en changeant pourtant l'information visible. Les systèmes PUSH [Höök et al., 96], KN-AHS [Kobsa et al., 94], MetaDoc [Boyle et Encarnacion, 94] et d'autres appliquent cette technique. Les utilisateurs expérimentés de ces systèmes reçoivent une information toujours roulée en marqueurs à propos des concepts connus, et une information rétirée pour des concepts unconnus. Les novices, par contre, voient plus d'information sur des concepts différents et moins de marqueurs qui cachent d'autres textes. Une caractéristique importante des systèmes d'étirage de textes est un engagement de l'utilisateur dans le processus d'adaptation hypermédia (§ 2.2.3.1.). De tels systèmes tiennent compte non seulement de connaissances des utilisateurs, mais de leurs préférences particulières quant à la représentation de l'information. Selon de telles instructions explicitement données par l'utilisateur, ces systèmes modifient les modèles d'utilisateur, ce qui augmente une fiabilité de ces modèles. Par exemple, si l'utilisateur tire une explication additionnelle d'un marqueur, le système va

---

[1] en anglais : stretchtexte

désormais lui proposer d'avantage d'information qu'il était prévu, car il change ses connaissances à propos de ce profil d'utilisateur.

D'autres méthodes assument qu'afficher ou cacher certaines parties des contenus des hypertextes ne suffisent pas pour une présentation adaptative, car des utilisateurs différents ont besoin des informations essentiellement dissemblables. Pour cela les systèmes gardent plusieurs versions des mêmes fragments d'une page hypermédia ou des variantes des pages entières, et les utilisateurs reçoivent alors des variantes correspondants à leurs modèle d'utilisateur. En général, chaque version est préparée pour un des stéréotypes possibles de profils d'utilisateur. Cette méthode est utilisée, parmi les autres, par exemple, dans le système Hypadapter qui soutient des activités d'apprentissage de la programmation dans le domaine du Common Lisp [Hohl et al., 96]. Ce système conserve plusieurs exemples illustrant un concept particulier du domaine et offre l'exemple le plus convenable aux expériences et préférences de l'utilisateur. Pour une telle adaptation Hypadapter utilise une technique basée sur les *frames*, selon laquelle chaque frame retient toute information à propos d'un concept particulier. Une *facette*[1] d'un tel frame peut contenir plusieurs variantes d'explication du concept, liens vers d'autres frames, des exemples, etc. Une base de règles gère ces frames en décidant quelle facette doit être présentée à l'utilisateur particulier et en quel ordre. Plus précisément, les règles sont utilisées pour calculer une « priorité de présentation » pour chaque facette, et ensuite un sous-ensemble de facettes avec des priorités plus élevées sont présentées en ordre des priorités descendantes.

Une méthode très intéressante de présentation adaptative est abordée dans les travaux de Maria Milosavljevic et al. [Milosavljevic et Dale, 96]. Leur système PEBA-II qui est une sorte d'encyclopédie taxinomique en ligne, produit des générations des documents hypermédias selon un modèle d'utilisateur basé sur une comparaison des concepts utilisés. Au moment où l'utilisateur clique sur un nœud d'une page courante, le système engendre un nouveau contenu hypermédia qui introduit des nouveaux concepts par références vers des connaissances existantes de l'utilisateur. Les auteurs arguent que l'utilisateur explore

---

[1] en anglais : slot

l'information non pas de manière isolée, mais, au contraire, par enrichissement de ses connaissances existantes. Alors, pour présenter une information à l'utilisateur il faut utiliser des références sur ses connaissances actuelles. Des telles références sont des comparaisons avec des concepts connus par l'utilisateur de trois types : comparaisons directes, « classificatoires » et illustrantes. Les comparaisons *directes* sont des similarités et différences entre deux taxons (ou classes) de base de connaissances - c'est-à-dire les relations avec leur ancêtre commun. Les comparaisons *« classificatoires »* sont celles qui distinguent un taxon de l'autre par les descriptions comparatives, par exemple, les mêmes attributs diffèrent par leurs valeurs : une peut être plus grande, moins longue, plus foncée, etc. que l'autre. Le but des comparaisons *illustrantes* est de décrire un ou plus d'attributs d'un taxon par rapport aux mêmes attributs d'un autre taxon, à propos duquel l'utilisateur a plus de connaissances, par exemple, le système peut se référer à la taille d'un grand chien pour évoquer la taille d'un babouin. De toute façon le système PEBA-II intègre une génération de texte en langage naturel dans l'hypermédia pour soutenir une présentation « taillée » sur l'utilisateur particulier.

Encore une méthode intéressante de la présentation adaptative d'hypermédia est de *ranger* des fragments du texte selon leur pertinence au modèle d'utilisateur. Dans le système Hypadapter, par exemple, grâce à l'utilisation de technique des frames, l'information plus pertinente aux connaissances et expériences d'utilisateur est placée au début de page.

Pour résumer composons maintenant un schéma des méthodes et des techniques qui sont utilisées pour l'adaptation des contenus hypermédias : figure 2.7.

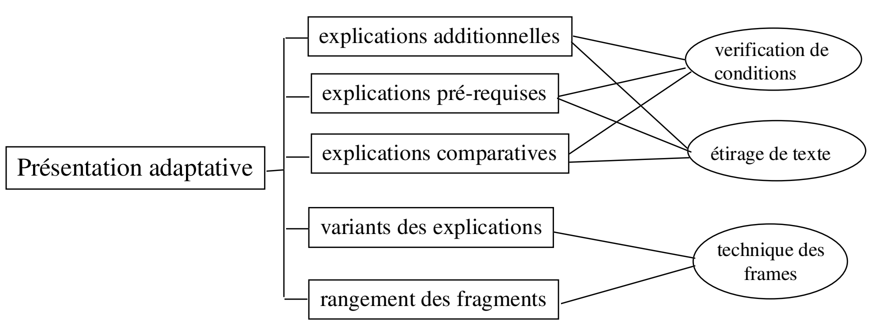



**Figure 2.7.** Méthodes (en carrés) et techniques (en ronds) de la présentation adaptative d'hypermédia

### 2.3.2. Navigation adaptative

Nous nous intéressons maintenant plus particulièrement à l'analyse des méthodes et techniques existantes qui adaptent une navigation à un individu. Cette problématique reflète une question principale des hypermédias : comment aider l'utilisateur à s'orienter dans l'hyper-espace, quels conseils lui donner pour qu'il ne « se perde » pas ? De nos jours le problème de la navigation adaptative ressort avec une force encore plus grave dans l'environnement d'hypermédia illimité du Web, c'est pourquoi nous consacrons un chapitre entier à cette problématique (§ 4). Mais avant d'analyser les hypermédias fonctionnant sur le Web et leurs agents de navigation, examinons d'abord les hypermédias traditionnels et dégageons les méthodes et techniques de navigation adaptative qu'ils utilisent.

Nous distinguons ici deux méthodes principales de navigation adaptative : guidage direct et support d'orientation d'utilisateur, qui peuvent être effectués par des différentes techniques - affichage de conseils, rangement de liens, gestion des « vues personnalisées », dissimulation de liens, annotation de liens (figure 2.8.).

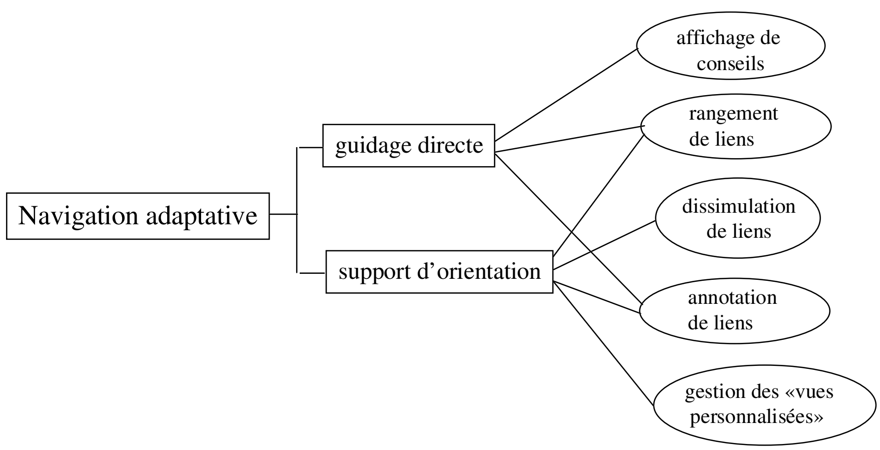



**Figure 2.8.** Méthodes (en carrés) et techniques (en ronds) de la navigation adaptative d'hypermédia

#### 2.3.2.1. Guidage direct

Le *guidage direct* décide quel est le meilleur noeud suivant à visiter pour l'utilisateur. Le but de guidage est d'aider l'utilisateur à trouver un chemin plus court vers l'information pertinente et diminuer donc les efforts de navigation. Le *but* d'utilisateur navigant l'hypermédia est la caractéristique la plus importante pour la construction du modèle d'utilisateur servant pour le guidage adaptatif. Selon le type d'un tel but - global (long terme) ou local (court terme) (cf. § 2.2.1.1.) nous distinguons deux types de guidage - global et local respectivement. Le *guidage global* est utile pour les grands hyper-espaces, pour l'environnement Web particulièrement, quand l'utilisateur navigant l'hypermédia poursuit un but assez stable. Le *guidage local* est plus important pour les hyper-espaces moins petits des applications particulières, il essaie d'aider l'utilisateur à inférer un but moins stable, un but à court terme. Les deux techniques de guidage directe sont l'affichage des conseils et le rangement des liens.

Le système adaptatif peut *afficher un conseil* en utilisant deux moyens : en soulignant certains liens existants et visibles sur une page actuelle, ou en présentant des liens additionnels, qui n'étaient pas visibles à l'utilisateur et se sont formés dynamiquement. Si le premier type de conseil est plus clair, le deuxième est beaucoup plus flexible, car il peut suggérer et donc afficher des noeuds non liés à celui que l'utilisateur examine en ce moment précis (et à cause de cela non représentés à la page courante). Si le système donne plus qu'un conseil et propose plusieurs liens à suivre (peut être avec une certitude différente pour chaque conseil), l'utilisateur doit choisir lui-même quelle suggestion adopter, ce qui peut ne toujours pas être facile. D'autre coté, c'est en tout cas l'utilisateur qui reste le maître de la situation, ce n'est que lui qui décide d'accepter ou non un des conseils du guide intelligent du système. Par exemple, l'hypermédia adaptatif CID [Boy, 91a, b, c] apprend le *contexte* courant de son utilisation à partir d'observation des actions de l'utilisateur et lui propose une liste de suggestions : des « bons » liens à suivre dans ce contexte. L'apprentissage centré sur l'utilisateur particulier (cf. § 2.2.4.) est renforcé ici par des rétroaction explicites de l'utilisateur. Le contexte pour CID est le but et les préférences de l'utilisateur exprimés par ses actions et rétroactions. De toute façon CID crée dynamiquement de nouveaux liens « contextuels » dont l'utilisateur a trouvé « intéressantes » sous certaines conditions.

CID a été l'un des premiers travaux sur l'apprentissage des buts de l'utilisateur à partir de ses actions de navigation dans un hypermédia. Le modèle de prise de décision RSPA (reconnaissance de situation et raisonnement analytique) sur lequel CID est basé, a inspiré plusieurs autres projets sur les agents logiciels et les assistants intelligents. Par exemple, Adaptive HyperMan [Mathé et Chen, 96] range des hyper-liens d'une documentation électronique de NASA/JSC selon les préférences de l'utilisateur - contrôleur des vols ; WebTagger [Keller et al., 97] gère les bookmarks standards des utilisateurs individuels et des groupes de collaborateurs du Web (cf. § 4.3.2.2.) ; Agent d'Aide à la Décision [Boy, 95] assiste dans le contrôle de systèmes complexes dynamiques dans le domaine aérospatial. En particulier, le dernier système décompose la complexité d'une tâche en une coopération entre plusieurs agents et définit alors une notion « d'interface profonde » par l'ensemble des agents logiciels assistant l'utilisateur dans la prise de décision, et plus généralement dans le contrôle du système [Boy, 95]. De toute manière, en partant des principes du système « uni-agent » CID, les auteurs ont conçu un nouvel environnement de prise de décision « muti-agents ». Tous les mécanismes mis en œuvre dans la reconnaissance d'intention de CID se trouvent donc utiles pour assurer une interaction entre plusieurs agents humains et logiciels.

L'idée de *rangement adaptatif* est d'ordonner des liens d'une page particulière selon le modèle d'utilisateur - les liens plus pertinents se placent vers le haut de la page. Cette méthode rendant une organisation des liens non stable, s'applique seulement aux liens non contextuels, indépendants du contenu de la page. Elle est surtout efficace pour les hypermédias de recherche d'information. Le système HYPERFLEX [Kaplan et al., 93] appartenant à cette classe utilise une matrice de pertinence des relations pour ranger les liens pour chaque utilisateur particulier. Une telle matrice contient des similitudes représentées numériquement entre chaque couple de documents, autant que des pertinences entre chaque but d'utilisateur et chaque document. Cette matrice reflète les préférences d'utilisateur exprimées explicitement et laisse l'utilisateur participer dans le processus de rangement - il peut lui-même ordonner des liens en bougeant la souris. Quelques recherches expérimentales [Kaplan et al., 93], [Drummond, 92] ont montré que le rangement adaptatif réduit le temps de navigation en 40% pour les applications contenant beaucoup de liens non contextuels sur chaque page. Certains hypermédias de documentation en ligne [Hohl et al., 96] et d'éducation [Brusilovsky et Schwarz, 97] emploient aussi cette méthode.

*2.3.2.2. Support d'orientation*

Le but des méthodes de *support d'orientation* d'utilisateur est de l'aider à s'orienter dans l'hyper-espace, c'est-à-dire à comprendre la structure d'hyper-espace et à estimer quelle est sa position relative dans celui-ci, quels noeuds sont déjà visités, lesquels sont accessibles à partir du noeud courant, etc. Les techniques possibles de support d'orientation sont des tours guidés, gestion des « vues personnalisées », annotation des noeuds, et dissimulation des noeuds. Si les deux premières techniques sont utiles pour soutenir une *orientation globale,* c'est-à-dire pour aider l'utilisateur à s'orienter dans tout l'hyper-espace ; annotation des noeuds et dissimulation des noeuds, quant à elles, elles sont utilisées plutôt pour une *orientation locale*, expliquant à l'utilisateur une situation actuelle dans le procédé de navigation et offrant une information supplémentaire à propos des noeuds accessibles à ce moment. Les techniques de l'orientation locale dépendent seulement de l'état d'un noeud vers lequel mène un lien et ne dépendent pas de la position actuelle de l'utilisateur dans l'hyper-espace, à ce que subviennent les méthodes de l'orientation globale. Les méthodes de support d'orientation ne guident pas l'utilisateur directement, mais fournissent à l'utilisateur une aide précieuse pour comprendre quels sont des liens les plus « promettants » à suivre.

Les *visites guidées* sont des méthodes des hypermédias traditionnelles qui aident l'utilisateur à apprendre progressivement une structure d'un hyper-espace inconnu. Les hypermédias adaptatifs appliquent cette méthode en modifiant des textes pour chaque profil différent d'utilisateur, ce qui augmente la compréhensibilité de l'utilisateur.

La *gestion des « vues personnalisées »* est une nouvelle technique des hypermédias adaptatifs. De telles « vue actives » sont des moyens d'organiser un espace électronique de travail pour les utilisateurs ayant besoin d'un accès limité à l'hyper-espace pour leurs activités quotidiennes. Un moyen de les protéger de la complexité de tout l'espace est de leur donner une possibilité d'organiser leurs propres « vues » orientées vers leurs buts et préférences. Chaque « vue » peut être une simple liste de liens vers des documents pertinents à certains buts et préférences. L'utilisateur lui-même crée et organise une telle « vue active », mais c'est à un agent intelligent de la maintenir et gérer correctement selon le modèle d'utilisateur particulier. Ce problème est surtout significatif pour de très grands hyper-espaces, particulièrement pour l'environnement Web et nous l'abordons dans une partie spéciale de cette thèse (§ 4.2.).

L'idée de *dissimulation des liens* est de restreindre l'espace de navigation en cachant des liens qui mènent vers des pages « non pertinentes » selon le modèle courant d'utilisateur. Une page peut être considérée comme non pertinente à cause de plusieurs raisons, par exemple, si elle n'est pas relative au but courant d'utilisateur [Boy, 91], [Pesin et Brusilovsky, 97], [Höök et al., 96], [Vassilieva, 96] ; ou si elle contient des informations que l'utilisateur-élève n'est pas encore prêt à comprendre [Brusilovsky et Schwarz, 97]. La dissimulation des liens s'applique à tous les types de liens - non contextuels, liens d'index, liens sur les graphiques et croquis, etc. Elle protège l'utilisateur de la complexité des grands hyper-espaces et réduit sa « surcharge cognitive ». Cependant, c'est une méthode astreignante : l'agent d'adaptabilité seul décide ce qui est utile, et l'utilisateur n'a aucun contrôle sur les liens cachés.

*Annotation adaptative* munit des liens d'une certaine forme de commentaires qui donnent à l'utilisateur des informations particulières à propos de l'état actuel des noeuds vers qui mènent ces liens annotés. L'annotation des liens dans les hypermédias classiques sont statiques, car elles ne dépendent pas de l'utilisateur. Les hypermédias adaptatifs changent dynamiquement ces annotations selon le modèle d'utilisateur courant. Des telles annotations peuvent être maintenues dans une forme textuelle ou dans autres aspects visuels : icones, coloration particulière, taille et police spécifiques, etc. Par exemple, Hypadapter utilise trois différents styles de police pour désigner des gradations des pertinence des liens : très pertinent, pertinent et moins pertinent. C'est une méthode plus puissante que la dissimulation des liens distinguant seulement deux types de noeuds reliés - pertinents et non pertinents. Tous les types de liens peuvent être annotés. Aucun lien n'est caché et l'utilisateur a donc le droit de choisir parmi tous les liens, ce qui lui donne plus de contrôle sur la situation.

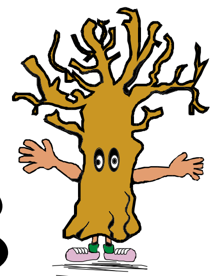
Certains systèmes, comme par exemple Hypadapter [Hohl et al., 96], combinent plusieurs techniques : rangement, annotation et dissimulation des liens pour l'adaptation d'hypermédia. Le modèle d'utilisateur de Hypadapter est représenté comme un ensemble de frames et de règles. Les facettes de frames retiennent les différents types des liens vers des noeuds relatifs et les règles calculent des pertinences des liens pour chaque facette. Le règles peuvent augmenter ou diminuer une valeur de pertinence de lien. Finalement, les liens se rangent selon leur pertinence, ils sont aussi annotés par des polices différentes, et après tout le système cache des liens non pertinents.

## 2.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la problématique générale des hypermédias et des hypermédias adaptatifs en particulier. Nous avons analysé les systèmes hypermédias à base de connaissances enrichis des possibilités de recherche d'information, à quelle classe appartient notre système SATELIT présenté dans le chapitre suivant (§ 3). Etant donné que le but de la thèse présente est la conception d'un interface intelligent de système hypermédia adaptatif, nous avons présenté ici un vaste spectre de questions de ce relativement nouveau domaine de recherche, et les méthodes et techniques connues de leur résolution. Nous désignons donc ici notre aire de recherche et introduisons des termes et des notions spécifiques auxquels nous allons référencer dans les chapitres suivants analysant notre approche originale de la construction d'un hypermédia adaptatif. Aussi, nous exposons dans ce chapitre les différents systèmes, leur organisation et leur fonctionnement pour mieux indiquer les différentes algorithmes de représentation de connaissances, d'apprentissage et d'adaptabilité et les comparer à la suite avec les nôtres.

# CHAPITRE

# 3



# SATELIT - l'hypermédia à base de connaissances taxinomiques

Dans ce chapitre nous décrivons un système SATELIT (**S**ystème d'**A**cquisition de **T**axinomies et d'**ELI**citation de **T**raits discriminants) [Faron et al., 95], [Faron et al., 96]. C'est un outil informatique développé pour mémoriser et organiser les informations hypermédias dans le domaine de la systématique et, ensuite, pour faciliter l'accès à ces informations. Le domaine de la systématique est caractérisé d'une part, par le besoin de stocker une immense quantité d'information dans de nombreux catalogues et collections, et d'autre part, par une forte *organisation taxinomique* de cette information. Ainsi SATELIT utilise les *connaissances taxinomiques* pour représenter et gérer l'information. Pour commencer, nous introduisons donc la notion des connaissances taxinomiques (§ 3.1.1.) et nous expliquons les difficultés de leurs représentation formelle (§ 3.1.2.). Nous présentons ensuite une méthode de représentation des connaissances taxinomiques basée sur le formalisme des graphes conceptuels (§ 3.2.). Nous examinons en détail la méthode de SATELIT d'acquisition de connaissances (§ 3.3.) et présentons l'architecture générale et les outils d'interface de ce système (§ 3.4.). Pour appliquer notre approche de la construction d'un système hypermédia à base de connaissances taxinomiques, nous avons choisi comme exemple le domaine de *l'orchidologie*, science qui s'intéresse aux classifications et à l'identification de près de 5000 espèces d'orchidées. A la fin de ce chapitre (§ 3.5.) nous argumentons le besoin essentiel d'un agent de navigation adaptative qui pourrait accélérer et améliorer les interactions de l'utilisateur avec SATELIT.

## 3.1. Connaissances taxinomiques

### *3.1.1. Taxons et taxinomies*

La *systématique* est la science qui étudie la diversité de formes vivants et essaie de les classifier selon certaines similitudes (§ 1.3.). Les classes d'êtres vivants organisées selon ces similitudes dégagées, les systématiciens appellent des *taxons.* Ces taxons sont à leur tour organisés dans des structures hiérarchiques, appelées des *taxinomies*. Par exemple, dans le domaine d'orchidologie qui s'intéresse aux classifications des orchidées, les objets (les plantes monocotylédones) forment la famille des Orchidaceae, divisée en trois sous-familles. Les sous-familles se divisent en tribus, les tribus se ramifient en sous-tribus, celles-ci se divisent en genres, qui se divisent encore en espèces (figure 3.1.).

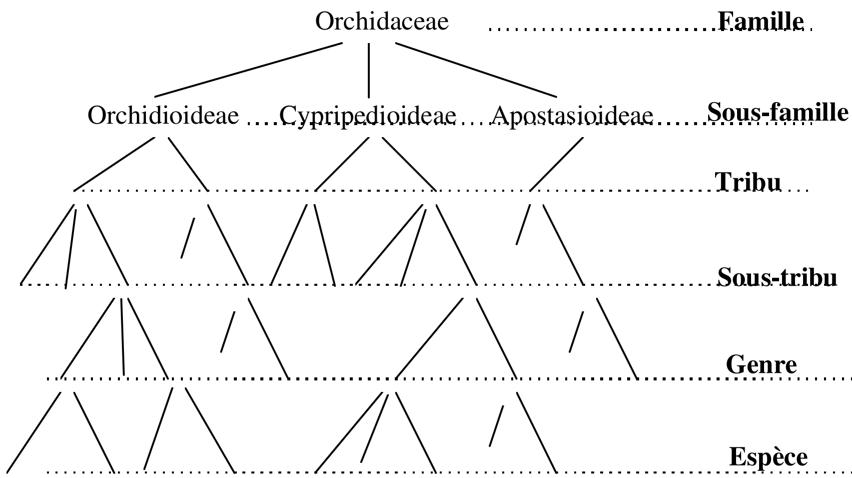



**Figure 3.1.** Exemple d'une taxinomie dans le domaine d'orchidologie

Un taxon désigne toute classe de cette organisation hiérarchique, quel que soit le niveau de la taxinomie - une famille est un taxon, de même qu'une espèce. Nous appelons le nombre de niveaux de la taxinomie par sa *profondeur* et le nombre de regroupement pour chaque niveau par une *largeur*. Les taxinomies ainsi construites organisent les taxons selon des relations de spécialisation : plus on descend dans la hiérarchie, plus les taxons décrivent des notions spécifiques. Par exemple, le taxon *Orchidioideae* décrivant les orchidées n'ayant qu'une seule étamine, est plus spécifique que le taxon *Orchidaceae*.

**Définition 3.1. [Taxinomie] :** *ensemble de classes (de taxons) organisées en structure arborescente et ordonnées par une relation d'inclusion stricte.*

Le but d'une telle organisation taxinomique est la mise en évidence des traits descriptifs que partagent les objets regroupés sous un même taxon. Ces traits descriptifs constituent des clefs d'identification, qui permettent de reconnaître l'espèce à laquelle appartient un objet donné du domaine.

Nous appelons des *connaissances taxinomiques* [Faron, 97] l'ensemble de connaissances associées à une taxinomie, à son organisation, à sa description et à la description de ses taxons.

### *3.1.2. Difficultés de représentation des connaissances taxinomiques*

La représentation formelle de connaissances taxinomiques est une tâche assez compliquée [Faron, 97]. D'une part, les taxinomies en systématique sont toujours de très grandes tailles (cf. § 1.3.). D'autre part, les critères de classification sont multiples et, par conséquent, on peut concevoir de *nombreuses taxinomies sur le même domaine*. Ainsi, selon les critères de classification choisis, les différentes écoles de systématiciens développent des taxinomies différentes pour un même domaine des sciences naturelles [Bournaud, 96]. Par exemple, dans le domaine d'orchidologie, il existe plus que cinq taxinomies : celle de Clément part d'une classification des orchidées selon présence ou absence des feuilles [Clément, 78] ; celles de Lindley et de Dressler s'appuient d'abord toutes les deux sur le nombre d'étamines, mais ensuite Lindley prend en considération la texture et la forme de pollinies, tandis que Dressler analyse la forme de labelle [Lecoufle, 81] . Ainsi, le taxon décrivant le sous-tribu *Vanillae* est une spécification du tribu *Neottiea* d'après la classification de Lindley, car ses pollinies sont pulvérulentes et granuleuses ; et, d'après Hunt ce même taxon est une spécification du tribu *Epidendrieae*, car ses pollinies sont céracées et son étamine est protégé par un opercule. En plus, il existe encore une très grande complication dans ce domaine de connaissances taxinomiques : comment représenter des hybrides, les plantes issues de croisement de deux parentes appartenant à des espèces ou à des genres différents ?

Une autre difficulté est la description des connaissances taxinomiques proprement dit, leur définition et l'usage un vocabulaire spécialisé. Ces domaines possèdent généralement une terminologie riche et nuancée, difficile à être traduite par des descriptions formelles et précises. Evoquons également ici le problème de la *synonymie* des objets Par exemple, certains systématiciens parlent d'un rétinacle, tandis que pour des autres ce sont deux rétinacles soudés ; un labelle peut être décrit comme infère, pendant ou dirigé vers le bas, et c'est toujours la même signification ; un ovaire d'une orchidée peut être sessile, et c'est la même chose si on dit qu'elle n'a pas de pédicelle, etc. En plus dans ces domaines il est très difficile de définir des couleurs ou des formes : une orchidée blanche avec les feuilles ovales, décrite par les uns, peut facilement se transformer en une orchidée « blanchâtre striée de pourpre » avec les feuilles « ovaloïdes-lancéolées ».

Encore un grand obstacle de représentations des connaissances taxinomiques : les *exceptions* de descriptions taxinomiques. Les systématiciens aiment utiliser les mots « souvent », « généralement », « la plupart », etc... pour décrire les caractéristiques des objets regroupées en classes. Ainsi, les taxons des niveaux inférieurs doivent avoir « en général » les mêmes caractéristiques mais, en pratique, ces caractéristiques sont « souvent » différentes. Par exemple, l'espèce de *Cypripedium Parviflorum,* étant une spécification du genre *Cypripedium*, doit posséder un grand labelle en forme de sabot, mais en réalité, son labelle est assez petit.

Compte tenu de la complexité et de la multiplicité des connaissances taxinomiques, un formalisme ambitionnant de les représenter doit permettre de :

- représenter un grand nombre de descriptions d'objets structurés ;
- représenter la richesse et les nuances de ces descriptions ;
- comparer et discriminer ces descriptions pour identifier les taxons ;
- modifier facilement les descriptions de taxons ou la structure taxinomique ;
- traiter des exceptions dans les descriptions ;
- comparer les différentes taxinomies élaborées par différentes écoles de systématiciens [Faron, 97].

De plus, comme nous l'avons montré auparavant (§ 1.3.), en raison de la richesse et la complexité des informations qu'ils représentent, les domaines décrivant les objets structurés, comme la systématique, ont besoin d'un support informatique hypermédia. Afin d'améliorer la manipulation et l'accès aux objets taxinomiques, l'hypermédia doit être basé sur des connaissances formelles. De telles bases de connaissances taxinomiques doivent donc accomplir plusieurs rôles : supporter l'organisation et la mémorisation des informations taxinomiques du domaine, permettre la manipulation formelle de ces objets acquis, en particulier l'identification des objets et enfin, offrir des moyens d'accès efficaces à l'information mémorisée dans les hypermédias indexés par les éléments de cette base de connaissances.

### *3.1.3. Choix du formalisme de représentation des connaissances taxinomiques*

Quel est alors le meilleur formalisme pour la représentation et la manipulation de connaissances taxinomiques ? Chaque chercheur propose son approche et ses arguments quant au choix décisif : les couples « attributs - valeurs », la logique du premier ordre, les réseaux sémantiques, les graphes d'Haussler, etc. [Bournaud, 96]. Au sein de notre équipe, nous utilisons les *graphes conceptuels* [Sowa, 84] pour élaborer les bases de connaissances taxinomiques. L'intelligibilité des graphes conceptuels, l'efficacité et la puissance de raisonnement qu'ils autorisent, leur lisibilité interne et leur traduction facile en langage naturel, ce qui est très important pour un système interactif - sont autant d'arguments qui ont motivé le choix du formalisme des graphes conceptuels pour la représentation de connaissances taxinomiques dans notre équipe ACASA de LIP6. Par exemple, Isabelle Bournaud applique ce formalisme à des organisations de connaissances taxinomiques pour y extraire des structures hiérarchiques. A l'aide de son approche COING basée sur le regroupement conceptuel, elle construit des taxinomies différentes selon un domaine particulier [Bournaud, 96]. Myriam Darricau emploie le formalisme des graphes conceptuels pour représenter et gérer les informations complexes dans le domaine de l'analyse de risque des transports [Darricau et al., 97]. Catherine Faron et Esma Aïmeur s'intéressent non pas à une élaboration d'une organisation de connaissances, mais à une *explicitation* de cette organisation par les graphes conceptuels. Plus précisément, il s'agit d'acquérir et de représenter des connaissances dont la structure taxinomique a été antérieurement construite. La tâche d'explicitation s'adresse alors non pas à la structure du domaine mais à la terminologie nécessaire à la définition des concepts du domaine [Faron, 97]. Actuellement les travaux de Catherine Faron sont orientés vers l'utilisation de la puissance de raisonnement sur des graphes conceptuels pour résoudre les problèmes de traitement des exceptions dans les taxinomies.

Appliquant l'approche de Catherine Faron et Esma Aïmeur de construction d'un système hypermédia à base de connaissances taxinomiques [Faron, 97] et [Aïmeur, 94], nous avons développé le système SATELIT. Ce système hypermédia à base de connaissances taxinomiques est un système intégrant des représentations hypertextuelles et des connaissances formelles sous forme de graphes conceptuels décrivant les objets taxinomiques. De toute façon, SATELIT basé sur la manipulation de connaissances formelles sous-jacentes, accomplie les deux tâches : la construction d'un réseau hypermédia et l'accès aux noeuds élaborés.

Dans la suite de ce chapitre nous décrivons le formalisme des graphes conceptuels (§ 3.2.) avant de présenter en détail le système SATELIT, ses composants principaux (§ 3.3.), les modes de fonctionnement et les outils d'interface (§ 3.4.).

## 3.2. Formalisme de graphes conceptuels

Ce formalisme a été proposé en 1984 par Sowa [Sowa, 84] et a été plus tard enrichi par beaucoup d'autres chercheurs. Nous présentons ici les fondements logiques du Modèle de Graphes Conceptuels de classique et donnons sa définition formelle. Nous exposons ensuite les principales opérations définies sur ce modèle, qui permettent de raisonner sur les connaissances représentées.

### *3.2.1. Définition d'un graphe conceptuel*

Au moment où un individu reçoit une nouvelle information de l'extérieure, il effectue un processus de *perception,* c'est-à-dire d'une construction dans son cerveau d'un modèle qui représente et interprète cette information d'entrée. Ce modèle consiste en deux composants - le premier est une mosaïque de *percepts,* chacun étant un aspect de l'information reçue, et le deuxième, plus abstrait, est un *graphe conceptuel*. Ce graphe conceptuel décrit de quelle façon les percepts se lient ensemble pour composer une mosaïque de la perception. Par exemple, quand un individu *voit* un tableau dans un musée, il reçoit des icônes sensorielles reflétées de ce tableau par les vagues de lumière, rassemble ces icônes ensemble et les compare d'une manière associative avec une collection de percepts dans sa mémoire pour les compléter en une seule image.

Dans le cerveau d'un être humain chaque percept est interprété à l'aide d'un *concept*. A ce moment de la perception, l'individu construit un graphe conceptuel comme une nouvelle collection de concepts et de leurs relations. On définit alors un *graphe conceptuel* comme un *ensemble de concepts liés par des relations conceptuelles*. Ces relations spécifient les rôles que chaque concept peut jouer - par exemple, un concept représentant une couleur verte d'une feuille peut être combiné avec un autre interprétant sa forme ovale. La relation qui les unie permet de former un graphe représentant une feuille verte ovale.

Ainsi, un graphe conceptuel est composé de noeuds concepts et de noeuds relations. Les noeuds concepts désignent des entités, des états, des propriétés, des événement, etc. Ils sont reproduits sous forme d'*étiquettes* et représentés soit graphiquement sous forme de rectangles, soit entre crochets dans une représentation textuelle. Les noeuds relations reflètent les liens entre les concepts et sont représentés soit sous forme d'ovales dans les descriptions graphiques, soit entre parenthèses dans les textes. Si les relations sont liées à *n* concepts, *n* est une *arité* de la relation. La phrase « Un artiste nommé Pierre regarde un tableau impressionniste 'Le givre' (1880) de Claude Monet (1840-1926) au musée d'Orsay de Paris » peut être représentée par les graphes conceptuelles sous deux formes - graphique (figure 3.2.) et « textuelle » (figure 3.3.) :

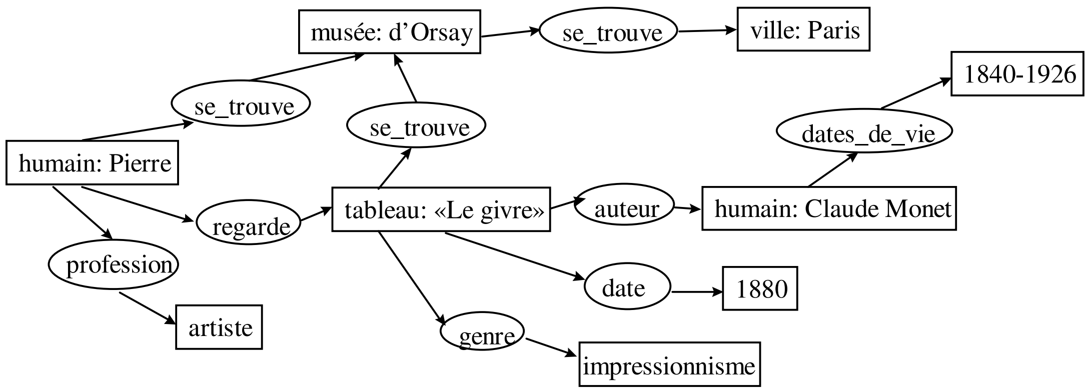



**Figure 3.2.** Exemple d'un graphe conceptuel

[humain : Pierre] → (se_trouve) → [musée : d'Orsay]
[humain : Pierre] → (regarde) → [tableau : « Le givre »]
[humain : Pierre] → (profession) → [artiste]
[tableau : « Le givre »] → (auteur) → [humain : Claude Monet]
[tableau : « Le givre »] → (genre) → [impressionnisme]
[humain : Claude Monet] → (dates de vie) → [1840-1926]
[tableau : « Le givre »] → (date) → [1880]
[musée : d'Orsay] → (se_trouve) → [ville : Paris]

**Figure 3.3.** Des triplets (des arcs conceptuels) représentant un graphe particulier

Les étiquettes représentant les noeuds concepts se décomposent en un couple [<type_de_concept> : <référent>]. Le premier composant de ce couple désigne le type, l'essence d'un concept particulier, tandis que le deuxième précise l'identité de l'être présenté par ce concept. Ainsi, le concept [musée : d'Orsay] reflète une entité particulière « musée d'Orsay » de type musée en général. Si un référent d'un concept ne peut pas être désigné explicitement, s'il est inconnu pour le moment, ou s'il peut être n'importe lequel selon le type de ce concept, il s'appelle un *référent générique* et est représenté par le symbole ∗, qui souvent peut être omis dans les représentations de l'étiquette de ce concept. Par exemple, le concept [artiste : ∗](ou tout simplement [artiste]) de l'exemple ci-dessous est un concept générique du type « artiste ».

Un graphe conceptuel est par défaut un graphe fini, connexe et biparti [Sowa, 84]. Il est fini parce qu'il ne possède qu'un nombre fini de concepts et de leur relation ; il est connexe, parce qu'il ne connecte que des concepts liés par les relations ; et il est biparti, parce que chaque noeud concept n'est lié à un autre noeud concept que par un noeud relation. Ainsi, les noeuds relations sont binaires. Un *triplet* [$Concept_1$] $\rightarrow$ (Relation) $\rightarrow$ [$Concept_2$] est un arc conceptuel liant le [$Concept_1$] (étiqueté sous forme [$Type_1$ : $Référent_1$]) et [$Concept_2$] (étiqueté [$Type_2$ : $Référent_2$]) par une (Relation). De cette façon on peut décomposer un graphe conceptuel en un ensemble d'arcs ou de triplets, comme le montre la figure 3.3.

Donnons maintenant une définition stricte d'un graphe conceptuel.

**Définition 3.2. [Graphe Conceptuel] :** *un graphe fini, connexe et biparti constitué par deux types de noeuds - concepts et relations conceptuelles, où un noeud concept est étiqueté par son type et son référent.*

### *3.2.2. Support des graphes conceptuels*

Le formalisme des graphes conceptuels permet donc de représenter des connaissances sur un domaine d'application particulier. Il faut d'abord décrire la terminologie du domaine par les types de concepts et par les types de relations entre eux, et ensuite, ordonner ces types en les spécialisant et en les généralisant. Les notions de *spécialisation* et de *généralisation* entre les types de concepts et entre les types de relation désignent différents niveaux d'abstraction des percepts du monde réel. Un concept d'un type peut être aussi d'un autre type, plus général ou plus abstrait. Par exemple, un musée est situé dans une rue, qui elle se trouve dans un arrondissement, qui lui-même existe dans une ville dans un pays. Ainsi, le type du concept « ville » est un *sous-type* du type du concept « pays ». Inversement, le type du concept « ville » est un *super-type* de deux types de concept : « quartier » et « rue ». Alors, on peut ordonner les types de concepts et de relations et construire des hiérarchies de ces types, qui forme un *treillis des types.* Le symbole « ≤ » ([ville] ≤ [pays]) désigne cet ordonnancement dans le formalisme de graphes conceptuels. Le symbole « T » est un *super-type commun* pour tous les types de concepts d'un domaine particulier ($\forall t$, $t \leq T$, où t est un type de concept quelconque). Le symbole « ⊥ » est un *sous-type commun* absurde, et quelque soit le type t du concept, il est plus générique que « ⊥ » : $\perp \leq t$.

Figures 3.4. et 3.5. représentent respectivement les treillis des types de concepts et des types de relations pour l'exemple du graphe conceptuel montré sur la figure 3.2. :

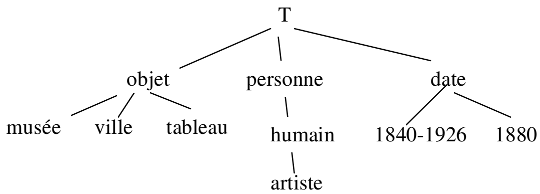



**Figure 3.4.** Treillis des types de concepts

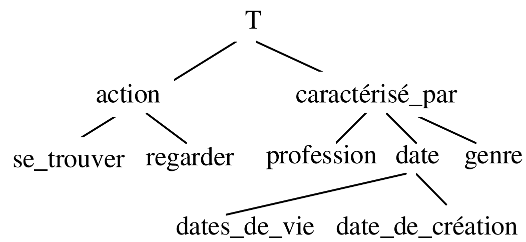



**Figure 3.5.** Treillis des types de relations

Une caractéristique importante que possède un treillis des types est un *héritage* de propriétés des super-types vers les sous-types. Ainsi, ici un [artiste] a toutes les caractéristiques d'une [personne]. Nous exposerons plus en détail cette particularité de l'héritage dans le chapitre § 3.3.3.

D'autre part, pour construire le modèle d'un domaine dans le formalisme de graphes conceptuels, il faut exclure des liens correspondant aux situations absurdes. C'est-à-dire, il faut introduire des contraintes sur l'utilisation possible de tous les types de concepts et de relations et ne laisser que des triplets ayant un certain sens. Par exemple, il n'y a aucune signification logique à la phrase « Un tableau regarde une date », alors, les deux concepts [tableau] et [date] ne peuvent pas être liés par la relation (regarder). Les *signatures de relations* permettent donc de restreindre toutes les combinaisons possibles des concepts et des relations du domaine dans un ensemble de combinaisons « plausibles » de triplets pour le domaine considéré, appelé une *base*. Une base est dite *canonique* si elle représente un ensemble de *graphes canoniques* construits.

**Définition 3.3. [Graphe Canonique] :** *un graphe conceptuel « correct » en sens sémantique représentant des situations réels ou possibles du monde externe, c'est-à-dire une combinaison permise de triplets restreints par les signatures de relations.*

**Définition 3.4. [Base Canonique] :** *un ensemble fini de graphes canoniques utilisé pour une construction d'autres graphes canoniques du modèle du domaine particulier à l'aide des opérations de spécialisation / généralisation.*

Une base canonique impose des contraintes minimales pour la construction d'une base de connaissances d'un domaine particulier. La plus petite base canonique est une base *de graphes étoiles*, où le graphe étoile $B_{r_i}$ représente la signature du type de relation $r_i$. Le graphe étoile possède un seul noeud relation du type dont la signature est représentée ; les deux noeuds concepts sont de types plus généraux qu'autorise la signature. Par exemple, [personne :] $\rightarrow$ (profession) $\rightarrow$ [artiste :] et [objet :] $\rightarrow$ (date_de_création) $\rightarrow$ [date :] sont deux graphes étoiles pour l'exemple de la figure 3.1. Ainsi, le deuxième graphe étoile du type de la relation (date_de_création) impose qu'un [objet] ne puisse avoir qu'une [date] comme une date de sa création.

Pour décrire un domaine par ses connaissances avec le formalisme de graphes conceptuels, il faut introduire un *support* qui regroupe les éléments nécessaires d'une telle description. Voici sa définition formelle [Faron, 97]

**Définition 3.5. [Support] :** *un support S est un ensemble de cinq éléments :* $T_c$, $T_r$, $I$, $\tau$, $\sigma$ *où :*

- $T_c$ *est un ensemble partiellement ordonné des types de concepts incluant un type universel* $T$ *et un type absurde* $\perp$ *(*$\perp < t < T$*, où t est un type de concept quelconque),*

- $T_r$ *est un ensemble partiellement ordonné des types de relations possédant aussi un type universel* $T$ *et un type absurde* $\perp$ *(*$\perp < t < T$*, où t est un type de relation quelconque),*

- *I est un ensemble des référents individuels, qui sont deux à deux incomparables et tous plus petits (plus spécifiques) que le référent générique marqué *,*

- $\tau$ *est une opération d'une association d'un type de concept dit conforme à tout référent individuel de l'ensemble I,* $\tau : I \rightarrow T_c \setminus \{\perp\}$*,*

■ *σ est un ensemble des graphes étoiles* $\{B_{r_i} | r_i \in T_r\}$*, c'est-à-dire un ensemble de signatures permises des types de relations* $r_i$*.*

### *3.2.3. Opérations sur les graphes conceptuels*

Il existe deux types d'opérations fondamentales à l'aide desquelles on peut construire de nouveaux graphes canoniques à partir de graphes canoniques existant et représentés par un support - les opérations de *spécialisation* et les opérations de *généralisation* sur l'ensemble de graphes canoniques. Les quatre opérations élémentaires de spécialisation : copie, restriction, jointure et simplification sont inverses des opérations élémentaires de généralisation : duplication, augmentation, éclatement et décomposition.

*3.2.3.1. Opérations de spécialisation de graphes conceptuels*

*a).Copie d'un graphe conceptuel*

Une copie exacte d'un graphe canonique $G_1$ est un nouveau graphe canonique $G_2$.

*b). Restriction de concept de graphe conceptuel*

Cette opération remplace le type $t_1$ d'un concept $C_1$*[<type*$_1$ *: référent* $r_1$*>]* par un sous-type $t_2$,,plus spécifique, $t_2 \le t_1$, $t_1, t_2 \in T_c$. Par exemple, on peut spécifier le type « humain » du concept [humain : Claude Monet] du graphe G$_1$ par son sous-type « peintre » (figure 3.6.) :

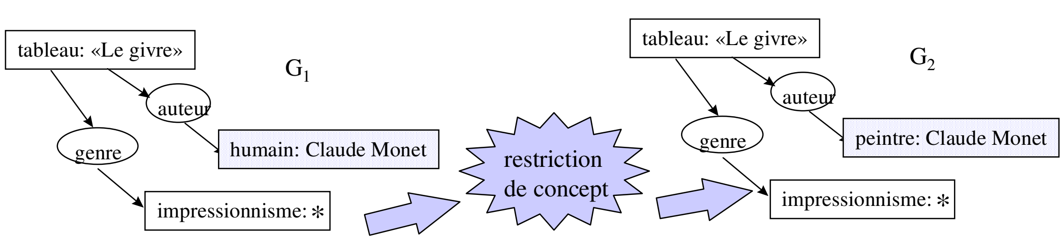


**Figure 3.6.** Exemple de restriction d'un concept

Cette opération peut également convertir un concept générique en un concept individuel, en remplaçant le symbole « * » par un référent individuel ∈ I du support S. La figure 3.7. présente un exemple de restriction du concept générique [impressionnisme] du graphe $G_1$ par un autre concept plus spécifique [impressionnisme : précoce] du graphe $G_2$ :

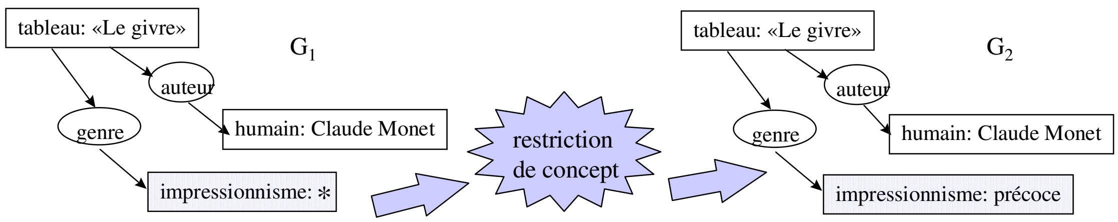



**Figure 3.7.** Exemple de restriction d'un concept générique

L'opération de restriction peut être également appliquée aux noeuds relations de graphe conceptuel, dans ce cas, on remplace un type $r_1$ du graphe $G_1$ par son sous-type $r_2$ $r_2 \leq r_1$ ; $r_1, r_2 \in T_r$..

*c). Jointure des graphes conceptuels sur un concept*

Cette opération entraîne une réunion de deux graphes conceptuels $G_1$ et $G_2$ dont les deux noeuds concepts $c_1 \in G_1$ et $c_2 \in G_2$ ont les mêmes étiquettes (les mêmes types et les mêmes référents) en un troisième graphe $G_3$. Si le graphe $G_1$ est égal au graphe $G_2$, on parle d'une jointure *interne* (on réunit des noeuds concepts ayant des mêmes étiquettes par un seul noeud), dans le cas opposé ($G_1 \neq G_2$) la jointure s'appelle *externe*. La figure 3.8. représente un exemple de jointure externe de deux graphes sur le concept [humain : Clade Monet] et ensite de jointure interne sur le concept [tableau : 'Le givre'] :

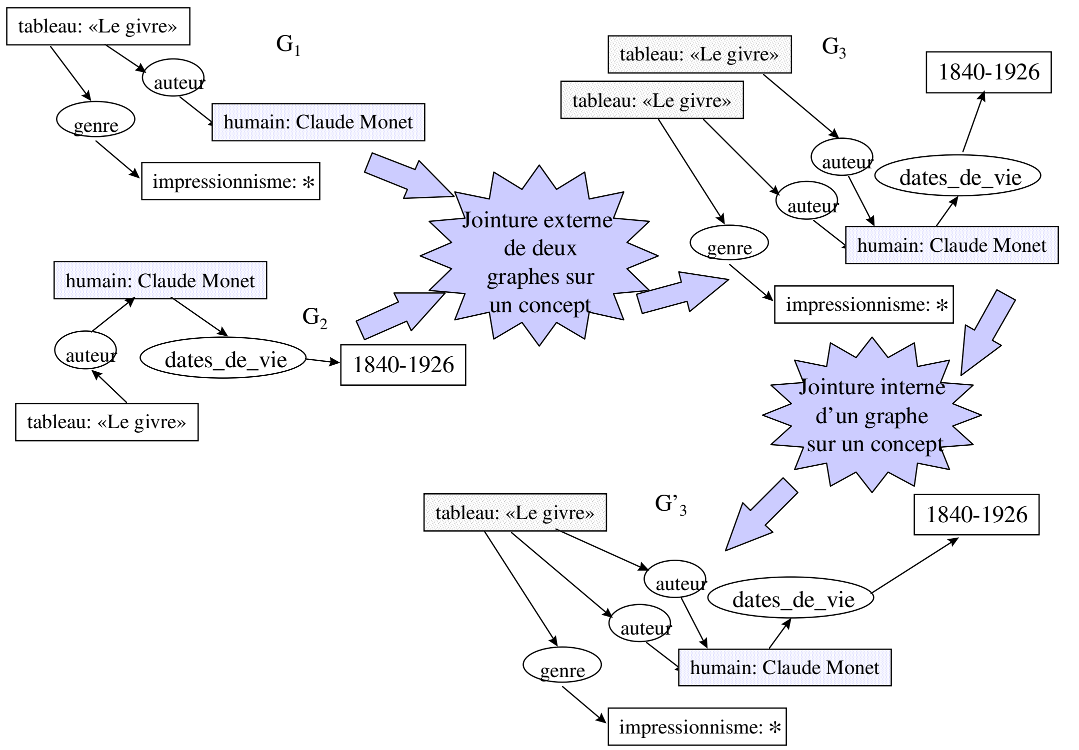



**Figure 3.8.** Exemples d'une jointure externe de deux graphes conceptuels sur un concept et d'une jointure interne sur un concept

*d). Simplification de graphe conceptuel*

Une fois deux graphes joints, ils peuvent posséder certaines relations redondantes. L'opération de simplification élimine cette redondance : quand deux relations de même types lient deux même concepts dans le même ordre, elles font valoir les mêmes informations, donc, l'une d'elles peut être omise. La figure 3.9. représente un exemple d'une simplification du graphe conceptuel de la figure 3.8. :

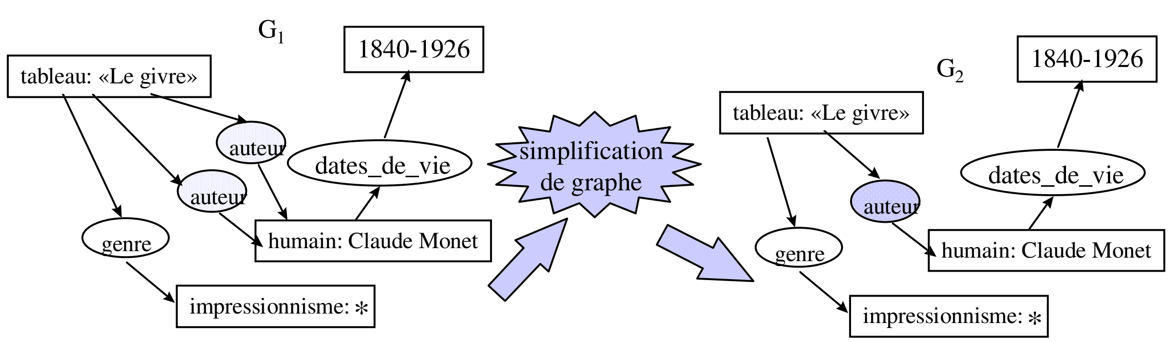


**Figure 3.9.** Exemple d'une simplification d'un graphe conceptuel

*3.2.3.2. Opérations de généralisation des graphes conceptuels*

Les trois opérations élémentaires de généralisation sont inverses à celles de la spécialisation. La quatrième opération - la décomposition est propre à l'ensemble d'opérations de généralisation.

*a). L'augmentation de concept* est opposée à la restriction de concept : un type d'un concept du graphe $G_1$ est remplacé par son super-type dans le treillis des types de concepts $T_c$ ; il suffit de renverser la direction des grosses flèches des figures 3.6. et 3.7. pour représenter un exemple d'une augmentation de concept. On parle de l'augmentation de relation pour une opération opposée à la restriction de relation : un type d'une relation du graphe $G_1$ est remplacé par son super-type dans le treillis des types de relations $T_r$.

*b). L'éclatement* est une opération opposée à la jointure : on obtient deux nouveaux graphes $G_2$ et $G_3$ en éclatant un noeud concept c du graphe $G_1$ ayant deux relations $r_1$ et $r_2$. L'exemple d'un éclatement peut être reproduit par les renversements des directions de cinq grosses flèches sur figure 3.8.

c). La *duplication* est une opération contraire à la simplification - en ajoutant à un noeud concept $c_1$ d'un graphe conceptuel $G_1$ un jumeau $r_2$ de noeud relation $r_1$, c'est-à-dire, la relation du même type, que le $c_1$ possède déjà et que $r_2$ lie $c_1$ au même concept $c_2$, comme le fait $r_1$, nous obtenons une duplication $G_2$ du graphe $G_1$. La figure 3.9. avec les directions renversées de grosses flèches représenterait un exemple d'une duplication.

*d). La décomposition* est une opération de suppression de certains composants connexes d'un graphe conceptuel. Ainsi, on peut par exemple, décomposer un graphe en un ensemble d'arcs ou de triplets le complétant.

Nous avons exposé ici les principales notions du formalisme des graphes conceptuels. Nous avons introduit la définition d'un graphe conceptuel canonique et présenté ensuite les opérations élémentaires à l'aide desquelles on peut construire de nouveaux graphes canoniques à partir de graphes existants. A présent nous allons décrire le système hypermédia SATELIT dont les connaissances taxinomiques sur le domaine d'application sont représentées sous forme de graphes conceptuels. Nous allons présenter notre approche en l'expliquant sur l'exemple particulier du domaine des orchidées pour lequel SATELIT a servi d'un support informatique de la mémorisation, organisation et manipulation d'information.

## 3.3. Base de connaissances de SATELIT

Comme nous l'avons exposé précédemment (§ 3.1.), SATELIT est un hypermédia à base de connaissances formelles sous forme de graphes conceptuels pour représenter les domaines d'applications structurés, par exemple les domaines de systématique. Il est destiné à deux principaux profils d'utilisateurs : aux *experts* développant une application d'un certain domaine et aux *novices* consultant les informations acquises [Akoulchina et Ganascia, 97a]. Pour le profil d'expert, SATELIT permet d'acquérir les connaissances taxinomiques, de construire une taxinomie d'un domaine d'application et d'organiser un réseau hypermédia en indexant ses éléments selon les connaissances acquises. Pour le profil de novice, le système offre des outils d'un accès rapide et efficace aux informations acquises par les experts, ainsi que des moyens d'identification de taxons. La base de connaissances taxinomiques de SATELIT accomplit plusieurs fonctions - elle supporte une organisation et une mémorisation des informations taxinomiques du domaine, permet une manipulation formelle de ces objets acquis, y compris une identification des objets, et offre des moyens d'accès efficaces aux hypermédias construits et indexés par les éléments de cette base. Nous examinerons maintenant plus précisément les éléments clés de la base de connaissance de SATELIT et démontrons les processus principaux de gestion de hypermédia maintenus par SATELIT : acquisition de nouvelles connaissances, recherche d'information, identification d'un objet particulier du domaine.

### *3.3.1. Support de construction des graphes conceptuels*

Comme nous l'avons présenté ci-dessus (§ 3.2.2.), les connaissances formalisées sous forme de graphes conceptuels introduites dans le *support* (définition 3.5.) sont des éléments nécessaires pour la description du domaine d'application. Ce support détaille la terminologie du domaine utilisée pour la construction des graphes conceptuels. Il est constitué de cinq éléments : 1)hiérarchie de types de concepts et 2)hiérarchie de types de relations représentant des taxons, 3)ensemble de référents individuels, 4)opération d'association d'un type de concept à un référent individuel et 5)ensemble des graphes étoiles (ensemble de signature de relations).

Comme nous l'avons déjà souligné, étant donné la spécificité des domaines taxinomiques, tous les concepts représentant des taxons sont des concepts *génériques*, puisqu'ils ne décrivent que les types de classes taxinomiques, sans préciser leur identité. Ainsi l'ensemble de référents individuels du support classique est vide et l'opération d'association d'un type de concept à un référent individuel n'est pas utilisée. Par conséquent, le support des éléments décrivant la terminologie du domaine taxinomique maintenu par SATELIT ne contient que trois éléments : un treillis des types de concepts $T_c$, un treillis des types de relations $T_r$ et les signatures de types de relations utilisés. $T_c$ est $T_r$ contiennent des hiérarchies de *types atomiques* qui constituent les *primitives de langages* nécessaires de représentation des taxons par les graphes conceptuels [Faron, 97]. La figure 3.10. reproduit un fragment du support de la représentation du domaine d'orchidologie :

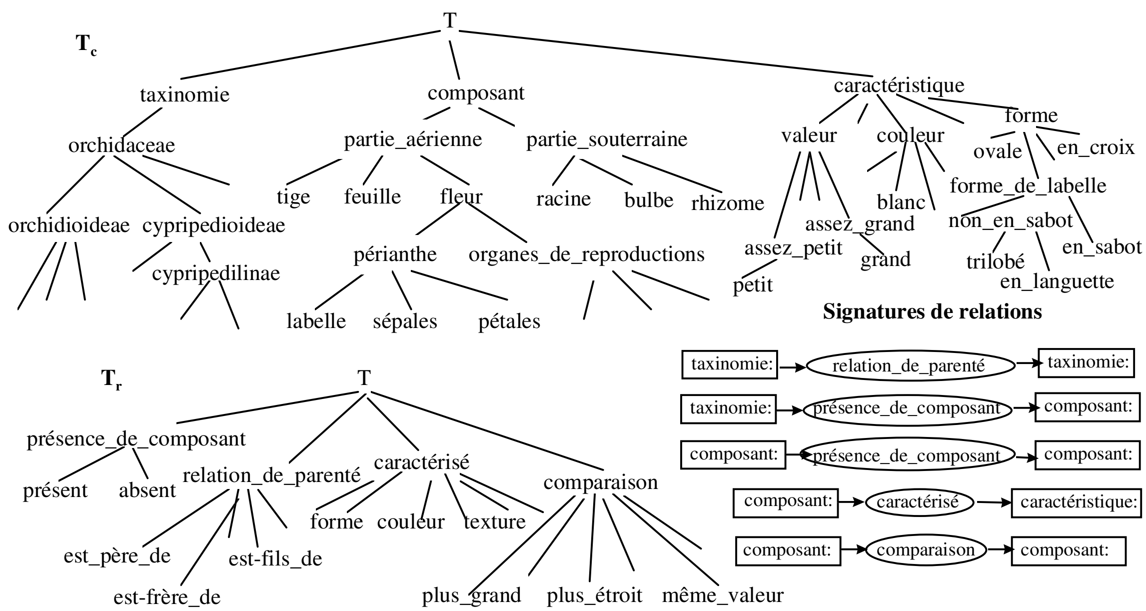



**Figure 3.10.** Le support de représentation de connaissances sous forme de graphes conceptuels dans le domaine d’orchidologie

Les types de concepts se décomposent en trois branches principales :

• les types de concepts inférieurs au type <taxinomie> représente une hiérarchie de taxons du domaine ;

• les types de concepts inférieurs au type <composant> décrivent les parties de taxons ;

• les types de concepts inférieurs au type <caractéristique> retracent les caractéristiques de composants des taxons.

Les types de relations sont regroupés en quatre catégories :

• deux types de relations inférieurs au type <présence_de_composant> précisent présence ou absence d’un sous-composant chez un super-composant ;

• les types de relations inférieurs au type <relation_de_parenté> décrivent les liens de parenté entre les sous-types du type de concepts <taxinomie> ;

• les types de relations inférieurs au type <caractérisé> lient une description d’une caractéristique à un composant, et

• les types de relations inférieurs au type <comparaison> comparent des composant différent d’un taxon.

Les signatures des types de relations (cf. § 3.2.2.) imposent des contraintes sur les noeuds concepts liés par ces relations. Elles exigent :

• premièrement que les types de concepts inférieurs au type <taxinomie> ne soient liés l'un avec l'autre que par le type de relation <relation_de_parenté> ;

• deuxièmement, que les types de concepts inférieurs au type <taxinomie> ne puissent être liés avec les types de concepts inférieurs au type <composant> que par le type de relation <présence_de_composant> ;

• ensuite, que les types de concepts inférieurs au type <composant> ne soient liés l'un avec l'autre que par le type de relations <présence_de_composant> ou par le type de relations <comparaison> ; et enfin,

• que le type de relations <caractérisé> ne lie que le type de concepts <composant> avec le type de concepts <caractéristique>.

Après avoir décrit dans le support les connaissances sur la terminologie du domaine structuré, l'auteur (l'expert) d'une application développée peut construire des descriptions détaillées des objets de ce domaine et ensuite les regrouper en une hiérarchie élaborée à la base du support proposé, ce que nous allons décrire dans les parties qui suivent.

### *3.3.2. Représentation d'un objet du domaine structuré*

Rappelons que les objets structurés des domaines taxinomiques sont regroupés ensemble selon leurs similitudes et organisent les classes, appelées *taxons*. Les structures hiérarchiques rassemblant des taxons s'appellent *taxinomies.* Quel que soit le niveau de la taxinomie, chaque classe la constituant est un taxon.

Pour représenter les connaissances formelles sur un taxon, SATELIT propose à un expert de décrire la structure hiérarchique des éléments de cet objet en détaillant ces composants et ces caractéristiques. Par exemple, le taxon représentant la sous-famille *Cypripedioideae* des orchidées contient des descriptions de sa partie-aérienne et sa partie-souterraine ; la description de la partie-aérienne se décompose en description de ses composants : fleur, tige, feuillues, etc. Chacun des composants implique les descriptions encore plus détaillées de ses sous-composants et est précisé par des caractéristiques particulières, ainsi la fleur est composée d'un périanthe, d'un éperon et d'organes_de_reproductions et elle est caractérisée par sa forme, sa valeur et sa quantité. La figure 3.11. représente un fragment d'une description sous forme de graphes conceptuels du taxon Cypripedioideae :

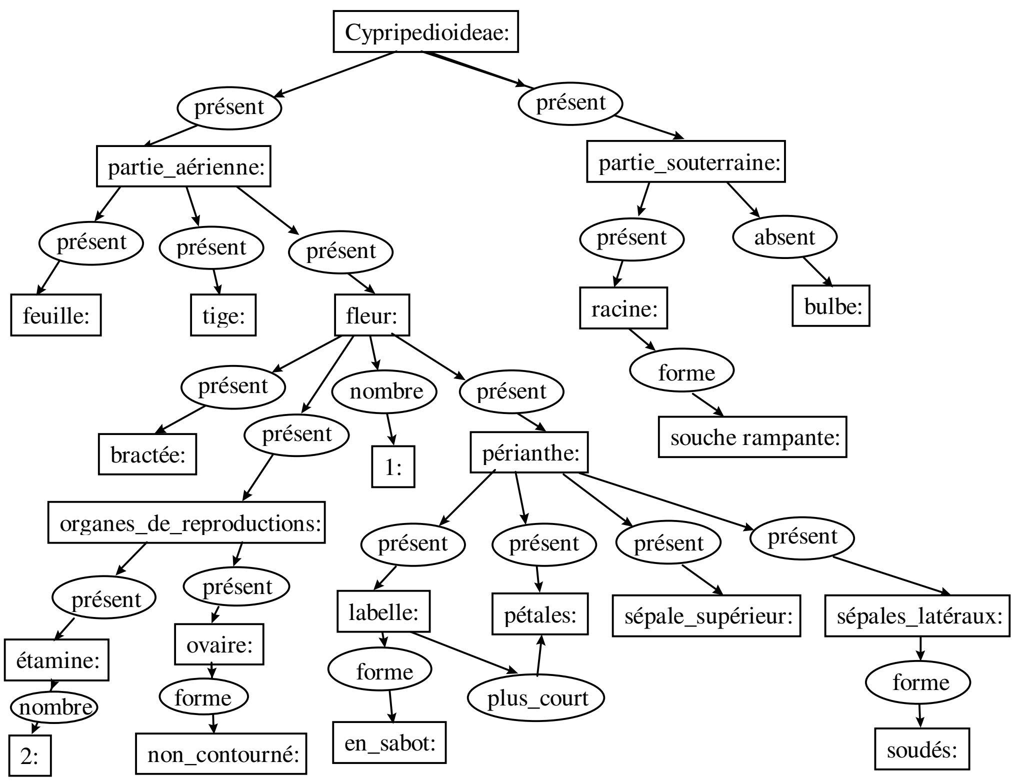



**Figure 3.11.** Un fragment d'une description d'un taxon sous forme de graphe conceptuel

Les graphes représentant les connaissances sur les taxons utilisent les concepts génériques [<type_de_concept : *>]. Ces graphes se forment par les opérations de jointure (§ 3.2.3.1.c.) des triplets [Concept$_1$] $\rightarrow$ (Relation) $\rightarrow$ [Concept$_2$] représentant chacun un trait descriptif du taxon particulier. Un triplet élucide soit une caractéristique d'un des composants de taxon, soit une relation de présence d'un composant, ou encore une relation de comparaison entre deux composants. Ainsi, si l'expert dispose d'un ensemble de triplets descriptifs de la sous-famille Cypripedioideae :

[Cypripedioideae : ∗] → (présent) → [partie_aérienne : ∗],

[partie-aérienne : ∗] → (présent) → [fleur : ∗],

[fleur : ∗] → (présent) → [périanthe : ∗],

[fleur : ∗] → (nombre) → [1 : ∗],

[périanthe : ∗] → (présent) → [labelle : ∗],

[labelle : ∗] → (forme) → [en-sabot : ∗],

[périanthe : ∗] → (présent) → [pétales : ∗],

[labelle : ∗] → (plus_court) → [pétales : ∗], etc...

il peut les joindre pour construire la description du taxon Cypripedioideae de la base de connaissances du domaine d'orchidologie. Inversement, un graphe conceptuel construit peut être facilement décomposé en un ensemble de triplets descriptifs par l'application de l'opération de décomposition (cf. § 3.2.3.2.d.). Ce procédé n'implique pas une perte d'information, car les étiquettes de noeuds concepts sont toutes distinctes - pour cela SATELIT exige de l'auteur-expert de distinguer les parties différentes de taxon en les désignant par des noms différents. Un tel isomorphisme entre une représentation du taxon sous forme d'un graphe conceptuel et sous forme de triplets descriptifs permet de manipuler d'une manière efficace les connaissances formelles du domaine, par exemple pour assurer une recherche d'information précise dans l'ensemble d'informations de base (§ 3.3.4. et § 3.4.4.), ou encore, pour anticiper une prochaine « meilleure » action de navigation (§ 5).

### *3.3.3. Représentation de la taxinomie*

La taxinomie représentant une hiérarchie des taxons est décrite par les sous-types du type de concepts <taxinomie> du treillis des types de concepts $T_c$ associés l'un avec l'autre par les types de relations <relation_de_parenté> du treillis des types de relations $T_r$ (§ 3.3.1.). La figure 3.12. montre un fragment du graphe conceptuel représentant une taxinomie des orchidées selon Peter Hunt, fondateur d'une des écoles de systématiciens [Lecoufle, 81] :

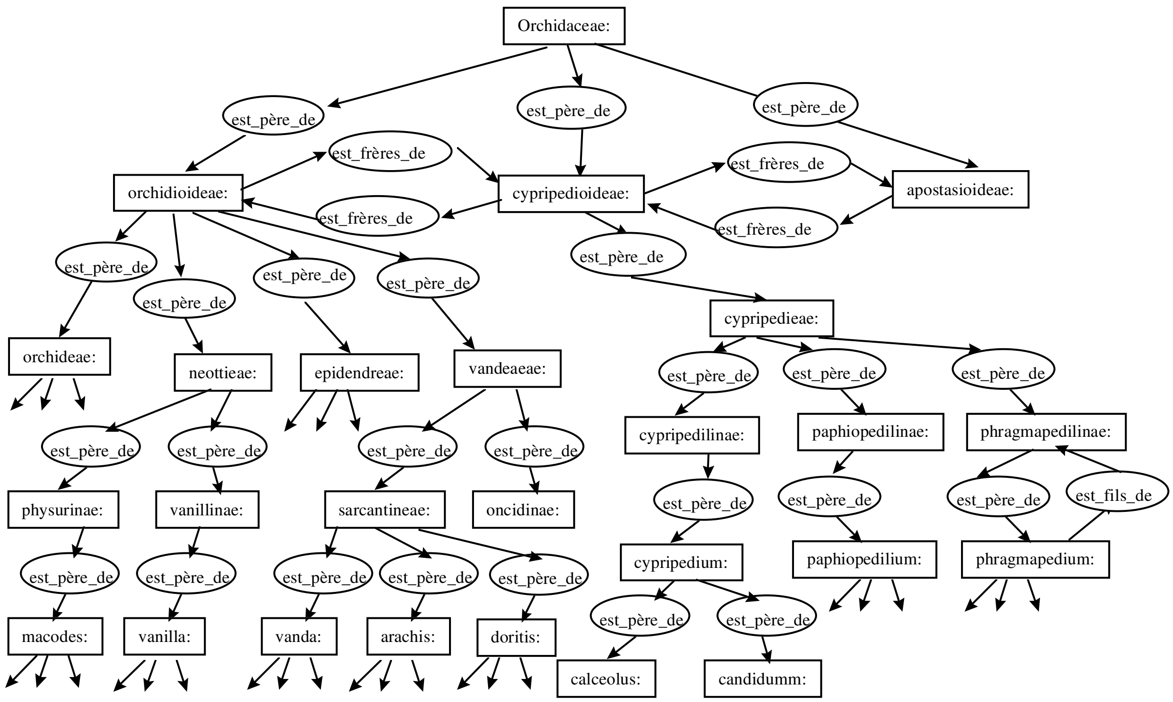



**Figure 3.12.** Un fragment d'une description de la taxinomie des orchidées

On peut remarquer ici que si un noeud concept $C_1$ est lié à un autre noeud concept $C_2$ par le type de relation <est_père_de>, le même noeud concept $C_2$ est lié au noeud concept $C_1$ par le type de relation <est_fils_de>. Tous les noeuds concepts liés à un noeud ancêtre commun par la relation <est_fils_de> sont liés entre eux par le type de relation <est_frères_de>. Pour ne pas compliquer le schéma, la figure 3.12. ne montre que quelques-unes des relations de parenté entre les concepts sous-types du type supérieur <taxinomie>.

Rappelons que dans le formalisme de graphe conceptuels, les types de concepts sont regroupés selon une relation de généralisation/spécialisation (cf. § 3.2.2.). Ainsi chaque taxon représenté par un type de concept $t_1$ est plus spécifique qu'un taxon représenté par un type de concept $t_2$ , si $t_1 \leq t_2$. Par exemple, le type de concept *Cypripedium* (représentant le genre *Cypripedium*) est plus spécifique, que le type de concept *Cypripedilinae* (une sous-tribu), autant qui est lui-même plus spécifique que les types de concepts *Cypripedieae* (une tribu), *Cypripedioideae* (une sous-famille) et *Orchidaceae* (la famille), mais, il est également plus général que le type de concept *Calceolus* représentant un espèce de cette famille. Le type de concept *Orchidaceae* représentant la famille *Orchidaceae* (la racine de l'arbre de la taxinomie) est le plus général, et les types de concepts représentant les espèces (les feuilles de l'arbre de la taxinomie) sont les plus spécifiques.

Comme nous l'avons montré précédemment (§ 3.3.2.), la description de chaque taxon représenté par un type de concept générique dans la taxinomie est détaillée par un graphe conceptuel. Etant donné que le graphe conceptuel définissant la racine de la taxinomie est canonique *par déclaration*, les autres graphes décrivant les taxons inférieurs peuvent être construits à l'aide des opérations de spécialisations (§ 3.2.3.1.) pour reconstituer une base canonique du domaine (Définition 3.4.). Une représentation correcte d'un nouveau taxon de la base canonique est donc *dérivable* par une séquence d'opérations de restrictions, jointures et simplifications appliquées au taxon dont le type de concepts le définissant est supérieur à celui qu'on élabore au moment donné. Ainsi la description du nouveau taxon élaborée va *hériter* de toute la description du type de concepts définissant le taxon avec lequel le nouveau est lié par la relation <est_fils_de> dans la taxinomie construite et en plus, va posséder de nouvelles descriptions ajoutées à la suite d'utilisation des opérations de spécifications. Par exemple, pour décrire un nouveau taxon *Cypripedium*, on spécialise la description de son taxon-père *Cypripedioideae* qu'hérite *Cypripedium*[1] par *restriction* du type de concept [valeur :] : le type de concept [très_grand :] est un sous-type du [valeur :] dans le treillis des types de concepts $T_c$, et par conséquent il est plus spécifique (figure 3.13.) :

---

[1] les deux types de concepts représentant ses taxons sont liés par les relations de parenté <est_fils-de> et <est_père_de> respectivement

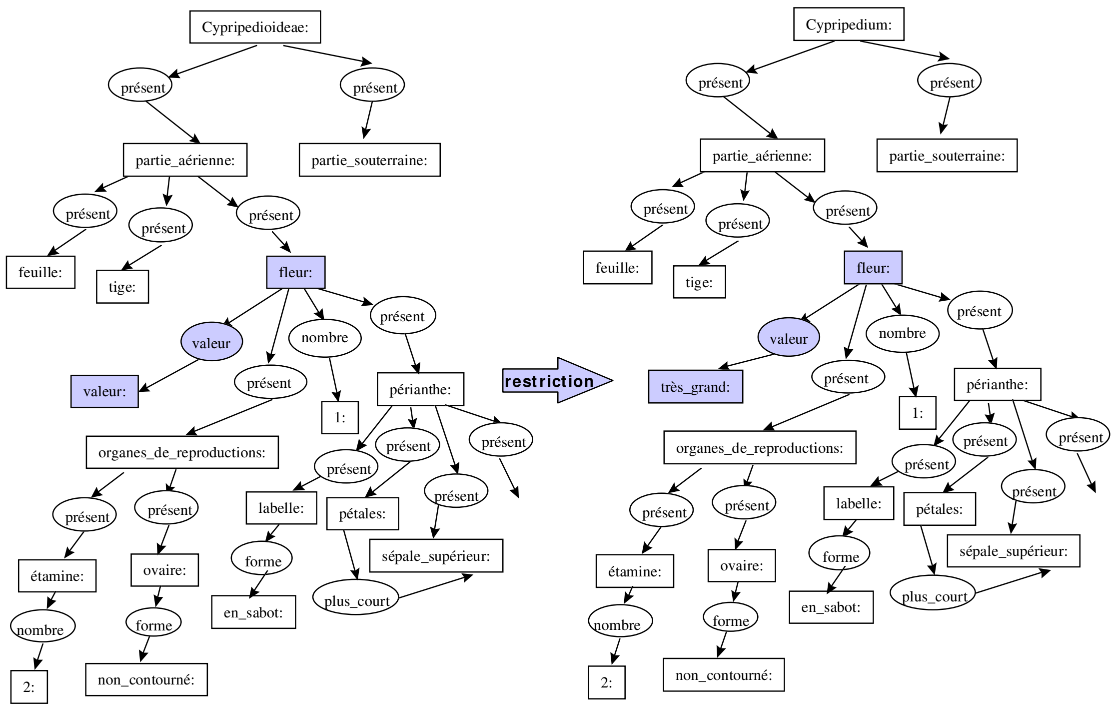



**Figure 3.13.** Restriction du concept[ <valeur :>] au moment de la définition du type de concept [<Cypripedium :>] par spécialisation du type de concept père [<Cypripedioideae>]

On remarque, qu'en même temps nous avons utilisé l'opération de restriction du type de concept <Cypripedioideae> par celui plus spécifique <Cypripedium>, ainsi un nouveau taxon représentant *Cypripedium* est « né », sa description est dérivée à partir de la description du taxon-père et complète désormais la base canonique du domaine élaboré.

Lors d'une représentation d'un nouveau taxon, si l'expert veut ajouter un trait descriptif absent chez le taxon père, il peut appliquer l'opération de *jointure* d'un nouveau graphe conceptuel représentant ce trait sous forme d'un simple triplet [$Concept_1$ :] → (Relation) → [$Concept_2$ :] avec le graphe conceptuel décrivant le taxon-père. L'opération de jointure s'effectue sur le concept commun [$Concept_1$ :] de deux graphes conceptuels. La figure 3.14. montre le processus de dérivation d'un nouveau taxon *Calceolus* à partir de la description de son taxon-père *Cypripedium* par jointure sur concept [tige :]. L'opération de restriction du type de concept <Cypripedium> par celui plus spécifique <Calceolus> s'applique en même temps que l'opération de jointure.

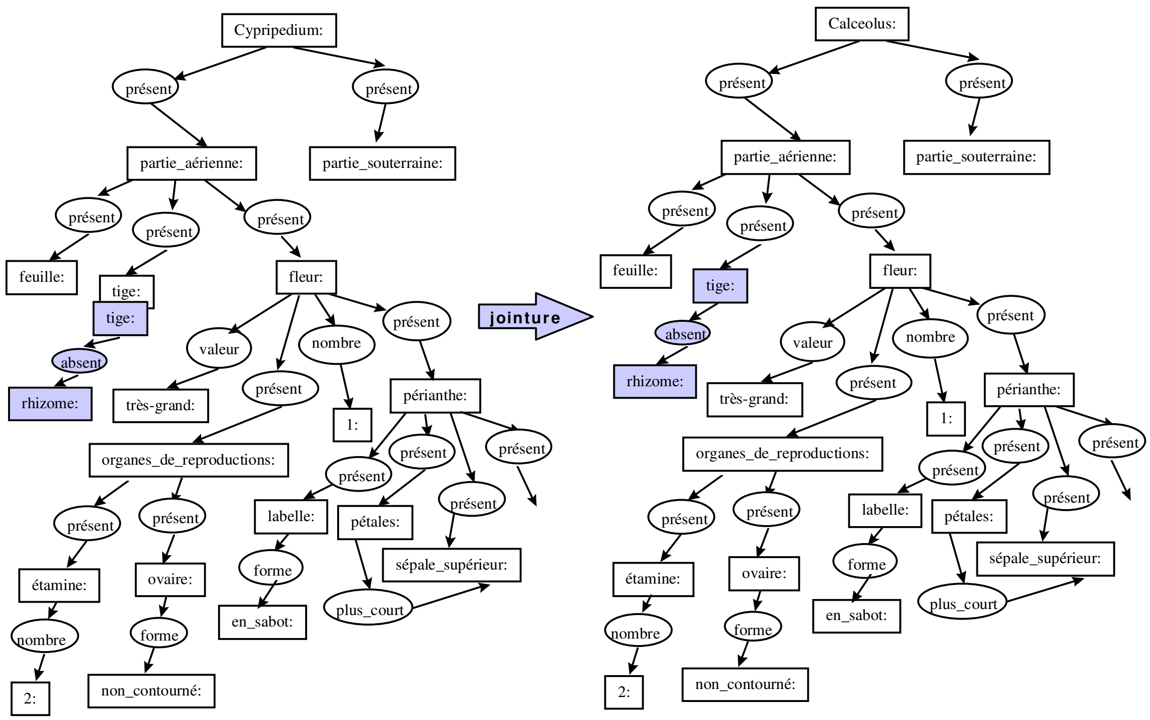



**Figure 3.14.** Jointure du graphe conceptuel décrivant le type de concept [<Cypripedium :>] avec un nouveau graphe conceptuel sous forme d'un triplet descriptif pour une construction du graphe conceptuel décrivant le type de concept fils [<Calceolus :>]

Les graphes conceptuels à partir desquels on dérive de nouveaux graphes à l'aide des opérations de restriction sont canoniques, leurs descendants sont donc également canoniques. Les graphes conceptuels sous forme de triplets de traits descriptifs, ajoutés au moment de la jointure sont des spécialisations des graphes canoniques étoiles de signature de relations du support introduit ; donc ils sont canoniques eux aussi. Ainsi les nouveaux graphes apparus après l'application de l'opération de jointure, sont également canoniques. On conclut que dans tous les cas les graphes représentant des taxons construits, sont bien canoniques et forment ensemble une base canonique du domaine de représentation.

Le graphe conceptuel décrivant un taxon particulier n'est pas fixe et peut être spécialisé au fur et à mesure du développement de la base de connaissances du domaine. A tout moment, l'expert construisant cette base de connaissances peut revenir à la description d'un taxon déjà élaborée, et la compléter par application des opérations de restriction, de jointure et de simplification (cf. § 3.4.1.). Les treillis des types de concepts et de types des relations ne sont pas figés non plus ; de nouveaux types introduits lorsque les définitions des types représentant les taxons, sont aussi automatiquement ajoutés dans les treillis $T_c$ et $T_r$ du support. Ainsi, le support maintenant le langage de description du domaine se construit au fur et à mesure, en même temps que le procédé d'élaboration de la base de connaissances.

### *3.3.4. Représentation de l'arbre d'identification des taxons et le typage des triplets*

L'assurance d'un procédé *d'identification* (ou de détermination des taxons) est une caractéristique essentielle des bases de connaissances taxinomiques. Pour chaque domaine taxinomique les systématiciens élaborent des *arbres d'identification* permettant d'effectuer ce procédé. Cet arbre reflète la structure de la taxinomie du domaine où chaque taxon est caractérisé par un ensemble de *traits discriminants* qui le distinguent de ses frères dans la taxinomie. En effet, pour construire la taxinomie, c'est-à-dire pour regrouper les objets selon leurs similitudes en classes, appelées taxons, les systématiciens dégagent les traits de description pour chaque classe les distinguant. Ainsi, la taxinomie où chaque taxon est décrit par ses traits discriminants s'appelle l'arbre d'identification. Se basant sur un parcours de cet arbre d'identification, les gens peuvent identifier un objet examiné, c'est-à-dire, l'associer avec un des taxons de la taxinomie du domaine. Le procédé d'identification est achevé au moment où l'individu a associé avec son objet examiné une *feuille* de l'arbre d'identification, donc le taxon le plus spécifique de la taxinomie.

Un taxon est décrit dans SATELIT par un ensemble de ses composants, de leurs sous-composants et de leurs caractéristiques (§ 3.3.2.). Ainsi un trait discriminant est soit un composant présent chez un taxon et absent chez les taxons-frères, soit une caractéristique particulière qui le distingue de ses frères. Par exemple, dans le domaine d'orchidologie, on diffère trois sous-familles : *Orchidioideae*, *Cypripedioideae* et *Apostasioideae* (figure 3.12.). Selon P. Hunt les *Orchidioideae* ne possèdent qu'une seule étamine, tandis que les *Cypripedioideae* et les *Apostasioideae* en ont deux (ou trois). Les *Cypripedioideae* se distinguent des *Apostasioideae* parce que, contrairement aux *Apostasioideae* (et aussi contrairement aux *Orchidioideae*), ils possèdent un labelle en forme de sabot. Ainsi, un trait discriminant du taxon représentant les *Orchidioideae* est un triplet [étamine :] → (nombre) → [1 :] ; les traits discriminants du taxon *Cypripedioideae* forme un ensemble de triplets : {[étamine :] → (nombre) → [2 :] et [labelle :] → (forme) → [en_sabot :]} ; les traits discriminants du taxon *Apostasioideae* forme un autre ensemble de triplets : {[étamine :] → (nombre) → [2 :] et [labelle :] → (forme) → [non_en_sabot :]}. L'application des opérations de généralisations (§ 3.2.3.2.) sur ses triplets de traits discriminants forme un nouvel ensemble de triplets {[étamine :] → (nombre) → [nombre :] et [labelle :] → (forme) → [forme_de_labelle :]} associé au taxon père de ces trois taxons frères. Un arbre composé de noeuds contenant des ensembles de traits discriminants des taxons constitue l'arbre d'identification des taxons du domaine. La figure 3.15. représente un fragment d'un arbre d'identification construit pour le domaine considéré :

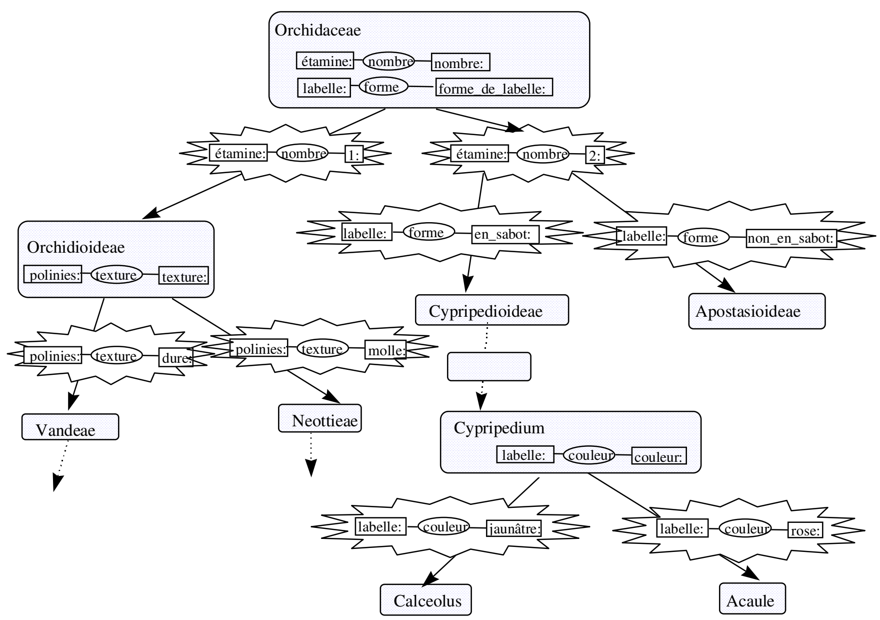



**Figure 3.15.** Fragment de l'arbre d'identification du domaine d'orchidologie

Les composants fondant les noeuds de l'arbre d'identification ne sont toujours pas connexes et par conséquent ne sont pas regroupés en graphes. L'arbre d'identification n'est donc pas un graphe conceptuel, il ne constitue pas le support de base de connaissances à partir duquel on forme la base canonique du domaine. L'arbre d'identification associé à la taxinomie est donc une structure spéciale de la base de connaissances maintenue par SATELIT, qui n'est pas supportée par le formalisme de graphes conceptuels. Cette structure est d'une certaine manière « virtuelle » car elle n'existe pas physiquement dans la mémoire d'ordinateur. Par contre, SATELIT offre à l'expert développant une base de connaissances sur un domaine particulier des outils spéciaux pour *souligner* les traits discriminants et les traits saillants (dont on parle plus tard) dans les triplets des graphes conceptuels décrivants les taxons (§ 3.4.2.). Parcourant un niveau de la taxinomie (en commençant par le plus haut), SATELIT observe les triplets typés comme « triplets discriminants » de chaque taxon-frère et reconstitue ainsi l'arbre d'identification. Nous proposons donc d'élargir le modèle classique de graphes conceptuels présenté dans § 3.2. par une nouvelle caractéristique de *typage des triplets*.

### *3.3.4.1. Typage des triplets*

Analogiquement au typage des référents contenus dans les noeuds concepts et dans les noeuds relations de graphes classiques (respectivement [<type_de_concept> : <référent>] et (<type_de_relation> : <relation>) cf. § 3.2.1.), nous introduisons un *type de triplet* : {<type_de_triplet> : <triplet>}, où les symboles spéciaux « { } » désignent tout simplement un triplet [Concept$_1$ :] → (Relation) → [Concept$_2$ :]. Le treillis des types des triplets $T_t$ que nous ajoutons au support (définition 3.5.) comme son sixième élément, est simple : il se compose d'un super-type générique T possédant trois composants : un sous-type de triplet_discriminant, un sous-type de triplet_saillant et un sous-type de triplet_non_typé. Un triplet peut être discriminant et saillant en même temps, dans ce cas il est du sous-type <triplet_discriminant_saillant> (figure 3.16.).

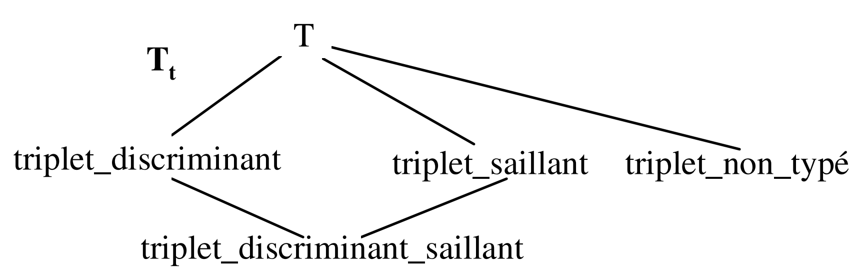



**Figure 3.16.** Treillis des types de triplets

Un triplet du type <triplet_discriminant> est un triplet constituant un ensemble de traits discriminants d'un taxon qui permet de le distinguer de ses frères. C'est donc un triplet de base pour une construction de l'arbre d'identification du domaine. Se basant sur les connaissances acquises sur la taxinomie du domaine et sur tous les graphes conceptuels élaborés (où certains triplets sont typés comme discriminants), SATELIT construit cet arbre virtuel d'identification, et utilise son cheminement pour fournir à l'utilisateur les moyens du processus d'identification de taxon comme une des possibilités du système (§ 3.4.4.).

Sans entrer dans les détails, notons ici qu'un triplet du type <triplet_saillant> est un triplet marquant les traits essentiels d'un taxon, qui « sautent aux yeux » dès qu'un individu observe un objet représenté par ce taxon. Le triplet de ce type est utilisé dans les rétroactions de l'utilisateur avec l'agent intelligent d'interface de SATELIT pour améliorer le processus de navigation. Par exemple, les triplets [labelle :] → (forme) → [en_sabot:], [labelle :] → (couleur) → [jaunâtre:] ou [fleur :] → (nombre) → [1 :] sont les triplets typés « saillants », car même pour un utilisateur-novice, il ne sera pas compliqué de remarquer ces particularités chez une plante examinée et ensuite de donner des rétroactions à l'agent de navigation. Nous décrivons les particularités d'utilisation des triplets « saillants » dans le chapitre spécial dédié à la présentation du mécanisme de fonctionnement de cet agent (cf. § 5.2.4.).

Si un triplet désigne à la fois un trait discriminant et un trait saillant du taxon, il est marqué par le type <triplet_discriminant_saillant>. Un triplet du type générique ne représente ni trait discriminant, ni trait saillant.

La figure 3.17. ci-dessus montre un fragment de graphe conceptuel du taxon *Cypripedium,* où les triplets génériques ne sont pas marqués, les triplets du type <triplet_discriminant> sont représentés par les carrés, les ovales et les flèches entre eux, tous en gras ; et les triplets du type <triplet_saillant> sont représentés par les carrés, les ovales et les flèches entre eux, tous en double ligne (deux triplets discriminants sont aussi saillants, alors, ils se réfèrent par le type <triplet_discriminant_saillant> et marqués par une double ligne en gras).

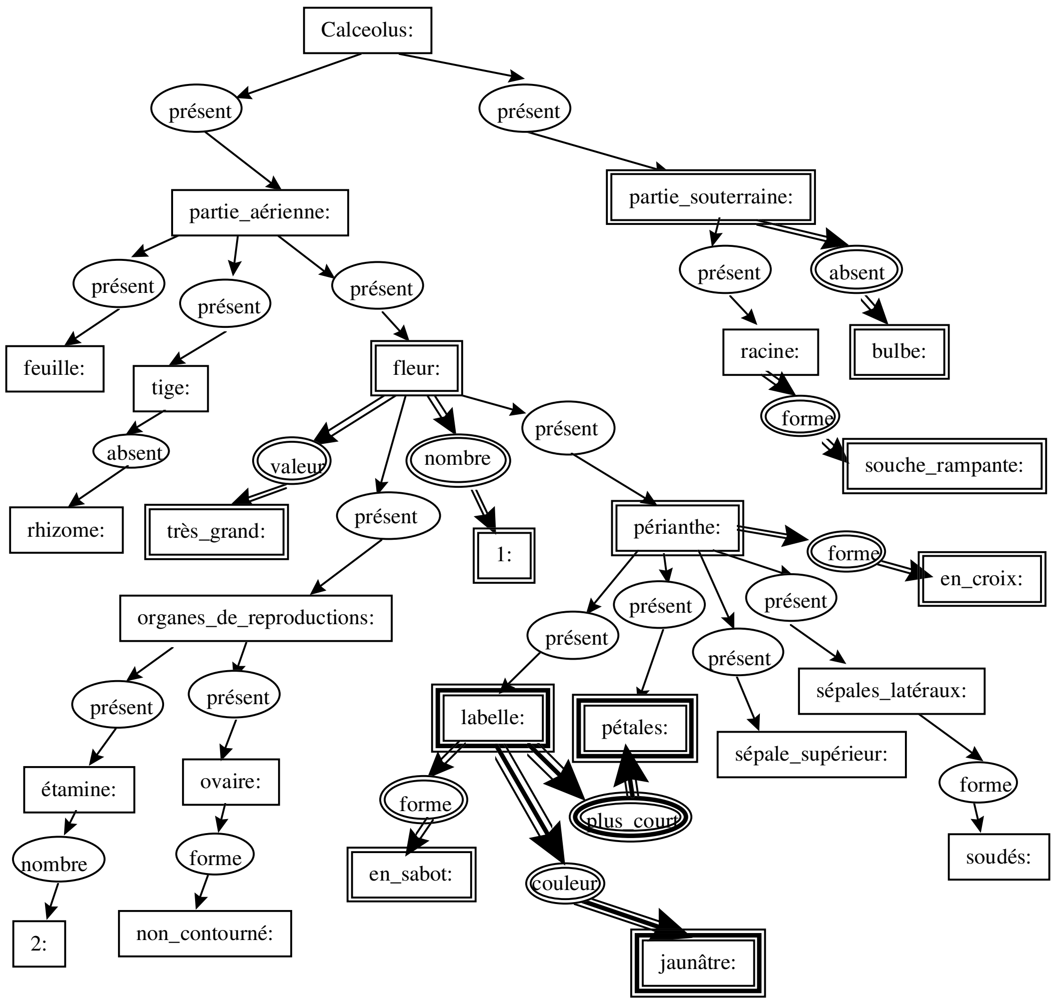



**Figure 3.17.** Fragment de graphe conceptuel du taxon Calceolus avec des triplets typés

### *3.3.5. Représentation du graphe de recherche d'information*

Comme nous l'avons souligné précédemment, SATELIT appartient à la classe des *hypermédias de recherche d'information* (cf. § 2.1.3.), car ses connaissances formalisées offrent un outil supplémentaire d'accès à l'information par moyen de requêtes composées par les utilisateurs. En plus de simple navigation de l'hypermédia, l'utilisateur de SATELIT reçoit donc encore un type d'accès à l'information - l'interrogation, ce qui rend la consultation plus souple et plus forte. Tandis que les noeuds d'hypermédia sont indexés à leurs expressions formelles sous forme de graphes conceptuels dans la base de connaissances, les critères de recherches se ramènent à un raisonnement formel sur ces connaissances, et déduisent les éléments représentant les taxons recherchés.

Le graphe conceptuel de recherche d'information $G_{RI}$ se construit à partir des éléments du support du domaine à l'aide des opérations de spécialisation (§ 3.2.1.) au fur et à mesure de la construction de la base de connaissances acquises sur le domaine. Au début le $G_{RI}$ est égal au graphe canonique représentant le taxon de la racine de la taxinomie (le plus général). Ensuite, chaque fois après avoir ajouté de nouvelles connaissances sur un nouveau taxon introduit et, donc, après avoir inséré un nouveau graphe canonique à la base canonique élaborée, SATELIT reconstruit le graphe de recherche d'information $G_{RI}$ à l'aide des opérations de jointure sur les concepts communs et de restriction des relations du type <présence_de_composant>. Enfin, à l'aide de l'opération de simplification, tous les triplets redondants sont éliminés.

La figure 3.18. représente le procédé de construction du graphe de recherche d'information au moment de l'ajout à la base d'un nouveau graphe conceptuel représentant les connaissances sur le taxon *Acaule*. Trois triplets décrivent ces caractéristiques [tige :] → (présent) → [rhizome:], [labelle :] → (plus_long) → [pétales:] et [labelle :] → (couleur) → [rose:]. Deux triplets décrivant le labelle de l'*Acaule* sont joints au $G_{RI}$, sans restriction sur le concept [labelle :], qui continue de posséder toutes les caractéristiques acquises préalablement sur d'autres taxons. Par contre, l'ajout du triplet décrivant l'absence d'un rhizome sur la tige de l'*Acaule* implique la restriction de la relation (absent :) par celle la plus général (présence_de_composant) dans le treillis des types de relations $T_r$ :

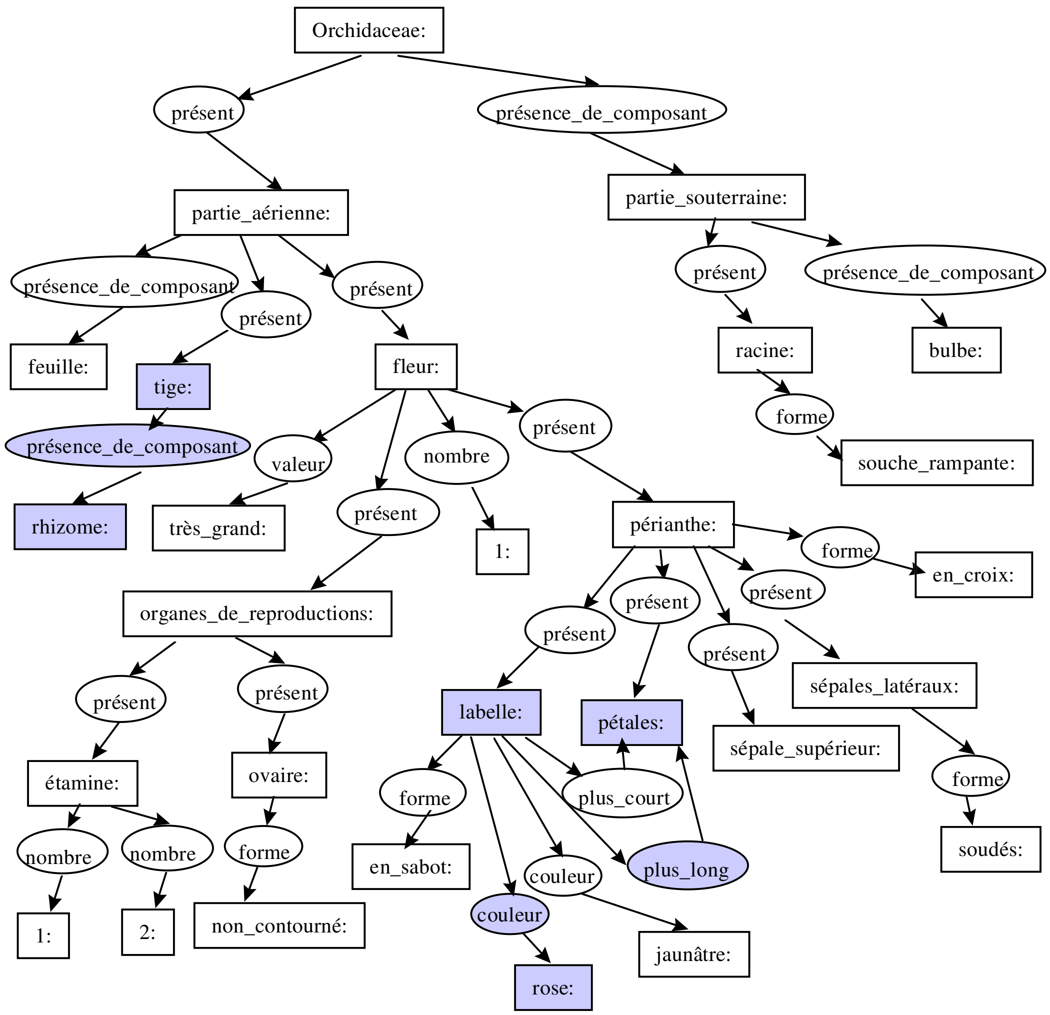



**Figure 3.18.** Fragment du graphe de recherche d'information après l'ajout à la base de connaissances du nouveau graphe représentant le taxons *Acaule*

Pour composer une requête de recherche d'information, l'utilisateur de SATELIT peut tout simplement choisir un des triplets dans le graphe $G_{RI}$ . Le système parcourt toute la base de connaissances en essayant de trouver les taxons dont les graphes conceptuels contiennent le triplet de la requête comme un de leur composant. S'il existe des taxons contenant les triplets $\{[t_1:] \rightarrow (r) \rightarrow [t_2:]\}$ dont le premier composant $t_1$ est un concept de sous-type du type de concept $t_1$' qui est le premier composant du triplet utilisé pour la requête $\{[t_1':] \rightarrow (r') \rightarrow [t_2':]\}$ $(<t_1> \leq <t_1'>)$, SATELIT trouve aussi ces taxons. Par exemple, si l'utilisateur cherche tous les taxons possédant un labelle dont la forme n'est pas en sabot, SATELIT trouve aussi les taxons dont le labelle est en forme de languette ou trilobé, car ces deux formes des types plus spécifiques sont des sous-types du type de concept [non_en_sabot :] : (<en_languette :> ≤ <non_en_sabot :>) et (<trilobé :> ≤ <non_en_sabot :>) (cf. figure 3.10.).

### *3.3.6. Structure générale de la base de connaissances de SATELIT*

La base de connaissances construite par l'expert développant une application à l'aide de SATELIT organise un réseau d'informations hypermédias relatives au domaine considéré. L'environnement de fonctionnement de SATELIT est le réseau mondial Internet, alors le réseau construit avec SATELIT est en même temps un sous-réseau de la « toile d'araignée » universelle du Web. Ci-dessus, nous avons présenté les principaux composants de la base de connaissances de SATELIT, nous allons exposer leur rapport mutuel et leur organisation commune au sein du Web. La figure 3.19. présente la structure générale du réseau hypermédia organisé par la base de connaissances de SATELIT :

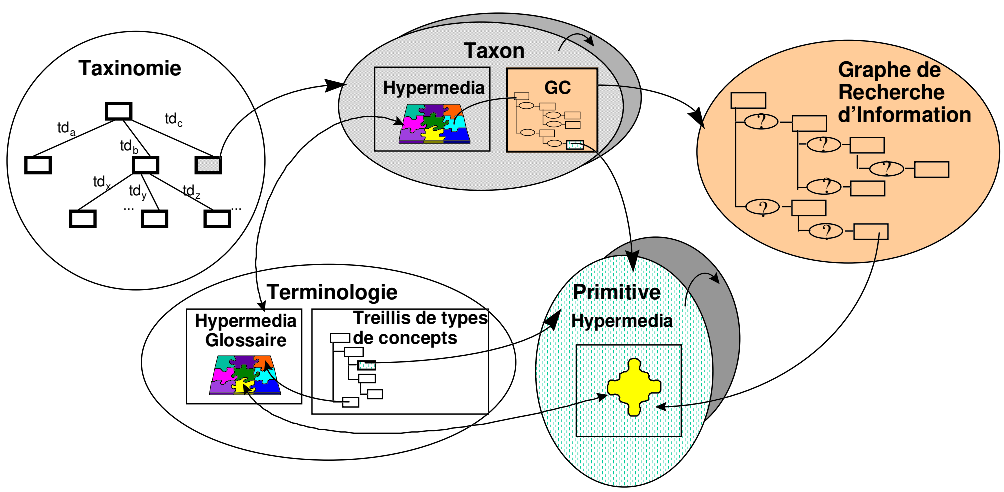



**Figure 3.19.** Structure du réseau d'hypermédia construit par la base de connaissances de SATELIT

Comme le montre la figure 3.19., il existe cinq types de noeuds d'information du réseau organisé lors de la construction de la base de connaissances de SATELIT. Ces cinq types sont TAXINOMIE, TAXON, TERMINOLOGIE, RECHERCHE_D'INFORMATION et PRIMITIVE. Ces cinq noeuds sont des noeuds composés par trois types de noeuds élémentaires <taxon>, <types de concept> et <triplets>.

1). Il n'existe qu'un seul noeud du réseau du type TAXINOMIE : il supporte la visualisation de la taxinomie du domaine et correspond à la hiérarchie des objets structurés de la base de connaissances de SATELIT (cf. § 3.3.3.). Le noeud TAXINOMIE se compose de plusieurs noeuds élémentaires du type <taxon>. Les sigles $td_i$ sur les arcs du noeud composé TAXINOMIE désignent un i-ème trait discriminant de l'arbre d'identification virtuel construit selon la taxinomie donnée. Physiquement, le noeud du type TAXINOMIE est représenté par un fichier de format texte sur le serveur (§ 4.1.2.). Ce fichier textuel contient l'information concernant la taxinomie élaborée où chaque ligne est un fragment de texte sous forme « $mot_1$ , $mot_2$ » et le « $mot_i$ » représente le nom d'un taxon.

2). Le type TAXON est partagé par tous les noeuds du réseau responsables soit pour la visualisation de l'information hypermédia associé au taxon considéré, soit pour la représentation de graphe conceptuel décrivant ce taxon. Chaque noeud du type TAXON est décrit par deux fichiers résidant sur le serveur. Un de ces fichier est de format textuel et contient l'information sur la représentation du graphe conceptuel de ce taxon. Chaque ligne dans ce fichier est un fragment de texte sous forme « $mot_1$, $mot_2$, $mot_3$, $mot_4$ » où les « $mot_1$ » et « $mot_3$ » signifient les types de concepts, le « $mot_2$ » désigne le type de relation liant ces deux types de concepts et le « $mot_4$ » est le signe « d » si le triplet de $mot_1$, $mot_2$, $mot_3$ sert d'un trait discriminant, il est le signe « t » si le triplet est un trait saillant et il est omis, si le triplet n'est pas typé. Deuxième fichier associé au noeud du type TAXON et sauvegardé sur le serveur est un fichier du format HTML (§ 4.1.2.) et il contient l'information hypermédia sur le taxon considéré.

3). Il n'existe dans le réseau qu'un seul noeud du type RECHERCHE_D'INFORMATION, il maintient la visualisation du graphe de recherche d'information $G_{RI}$. Ce noeud composé de plusieurs noeuds élémentaires du type <triplet>, est représenté par un fichier textuel résidant sur le serveur contenant l'information de description du graphe de recherche. Chaque ligne dans ce fichier est un fragment de texte sous forme « $mot_1$, $mot_2$- ?, $mot_3$ » où les « $mot_1$ » et « $mot_3$ » signifient les types de concepts, le « $mot_2$ » désigne le type de relation liant ces deux types de concepts et le signe « ? » est affiché à côté du « $mot_2$ » pour souligner l'intention d'utiliser ce fichier pour la recherche l'information dans toute la base de connaissances décrivant le domaine d'application.

4). Il existe deux noeuds du type TERMINOLOGIE : l'un des noeuds supporte le glossaire hypermédia pour la terminologie du domaine considéré ; l'autre supporte la visualisation du Treillis des types de concepts utilisés dans ce glossaire élaboré et composée de plusieurs noeuds élémentaires du type <type de concept>. Chaque noeud du type TERMINOLOGIE est décrit par deux fichiers résidant sur le serveur. Un de ces fichiers est de format textuel et contient l'information sur la représentation du treillis des types de concepts. Chaque ligne dans ce fichier est un fragment de texte sous forme « $mot_1$, $mot_2$ » où le « $mot_i$ » signifie un type de concepts (par défaut, $mot_2$ est un sous-type du $mot_1$, $mot_2 \leq mot_1$). Le deuxième fichier associé au noeud du type TERMINOLOGIE et sauvegardé sur le serveur est sous format HTML et il contient l'information hypermédia sur la terminologie utilisée dans le domaine.

5). Le type PRIMITIVE est partagé par tous les noeuds fournissant l'information textuelle et graphique associée aux termes du domaine représentés par les types de concepts, c'est-à-dire, l'information explicitant les primitives du langage de représentation de connaissances du domaine. Cette information se renferme d'une part dans le fichier du format HTML contenant l'information hypermédia sur la terminologie, et, d'autre part, dans plusieurs fichiers du format image (GIF, JPEG ou BMP), représentant les dessins différents des primitives de langage du domaine.

Ces cinq types de noeuds, liés entre eux, organisent finalement le réseau hypermédia de SATELIT. Premièrement, chaque composant du noeud composé du type TAXINOMIE est lié au noeud correspondant du type TAXON. De même, chaque composant du noeud composé du type TERMINOLOGIE supportant la visualisation du Treillis des types de concepts, est lié au noeud correspondant du type PRIMITIVE. Ensuite, il existe des liens entre les noeuds du type TAXON responsables pour la visualisation de l'information hypermédia et pour la représentation de l'information formelle sous forme d'un graphe conceptuel pour le même taxon. Aussi, chaque composant du noeud du type TAXON supportant la représentation du graphe conceptuel de ce taxon considéré, est lié au noeud correspondant du type PRIMITIVE expliquant la notion d'un des types de concepts dans le graphe conceptuel. En outre, il existe des liens entre le noeud du type RECHERCHE_D'INFORMATION et chaque noeud du type TAXON supportant la représentation du graphe conceptuel. Finalement, chaque type de concept utilisé dans le noeud du type RECHERCHE_D'INFORMATION est lié au noeud correspondant du type PRIMITIVE expliquant la notion de ce type de concepts.

Ainsi, la construction du réseau hypermédia et l'accès à l'information mémorisée peuvent être considérés dans SATELIT à travers des manipulations de connaissances formelles exprimés dans le formalisme des graphes conceptuels. Considérant que le réseau mondial Internet sert d'environnement de fonctionnement pour SATELIT, la structure du réseau développé par la base de connaissances de SATELIT sur l'Internet est représenté par la figure suivante :

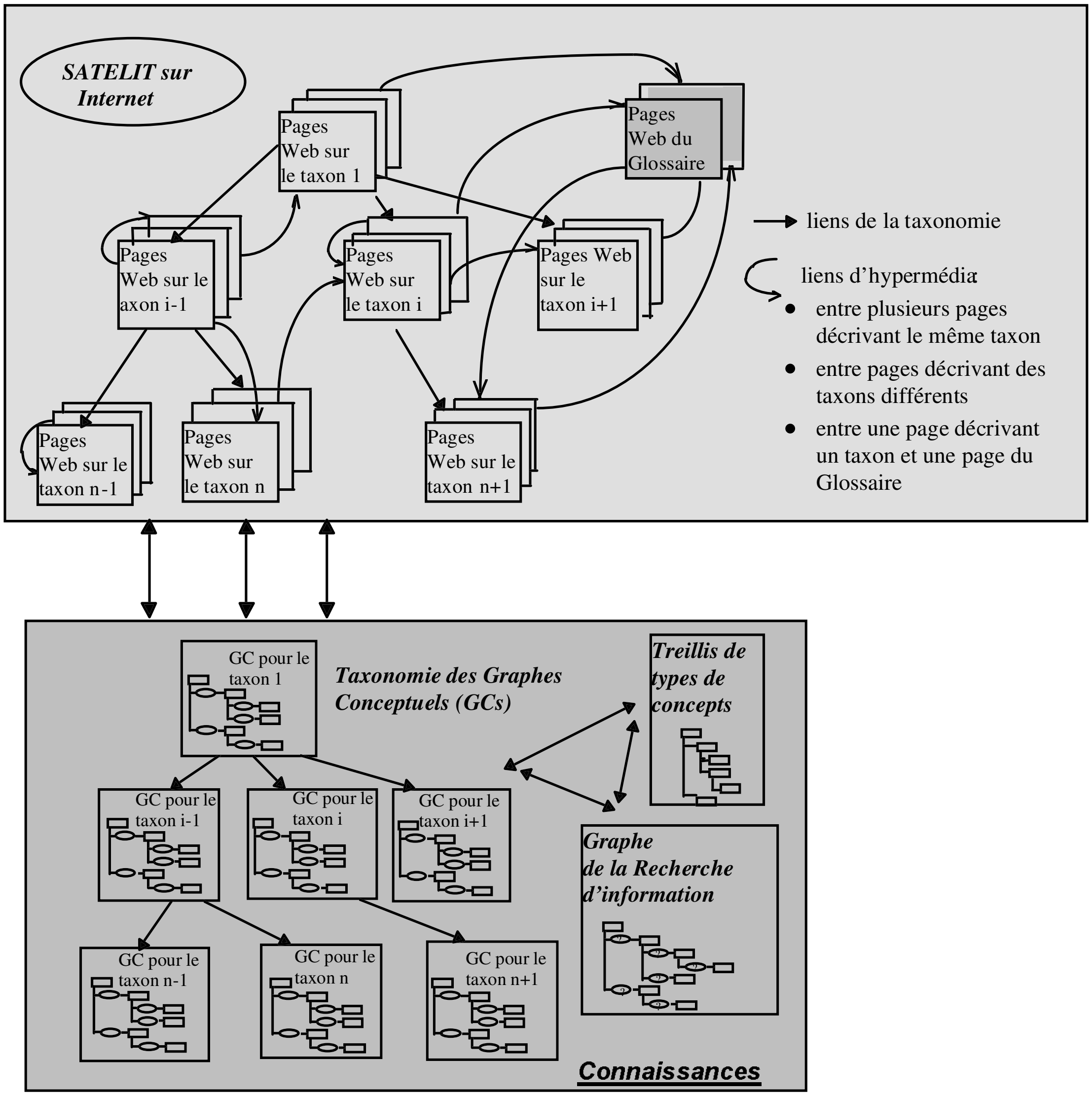



**Figure 3.20.** Structure du réseau de SATELIT sur l'Internet

Les noeuds hypermédias des types TAXON et TERMINOLOGIE du réseau organisé par la base de connaissances de SATELIT sont supportés dans les pages Web de l'Internet. Une (ou plusieurs selon l'application) page Web est consacrée à la représentation hypermédia du Glossaire du domaine et une (ou plusieurs) page Web est destinée à la représentation hypermédia de chaque taxon de la taxinomie élaborée. Les autres noeuds du réseau organisé par la base de connaissances de SATELIT représentant d'autres types de connaissances sont supportés par le langage de programmation JAVA. L'utilisateur a l'accès à tous les types de noeuds du réseau développé par les moyens *d'outils d'interface* de SATELIT exposés dans la partie suivante de la thèse.

### *3.4. Outils d'interface de l'utilisateur de SATELIT*

Comme le montre la figure 3.21., SATELIT peut être destiné à deux *profils* principaux d'utilisateurs selon leurs buts finaux d'utilisation du système [Akoulchina et Ganascia, 97a]. Le premier profil concerne un *expert* qui s'intéresse au développement d'une nouvelle application ou à l'enrichissement d'une base de connaissances existante. Quant au deuxième profil, il s'agit d'un utilisateur *consultant* une application développée par un expert, naviguant dans cette application en vue de retrouver une information détaillée sur un des objets de son intérêt, ou d'identifier cet objet. Pour distinguer ces deux types d'utilisateurs, nous appellerons le premier profil *expert* et le deuxième profil *novice* ou *utilisateur non-expérimenté*, même si dans le deuxième cas il peut s'agir aussi d'un expert, mais qui consulte une application.

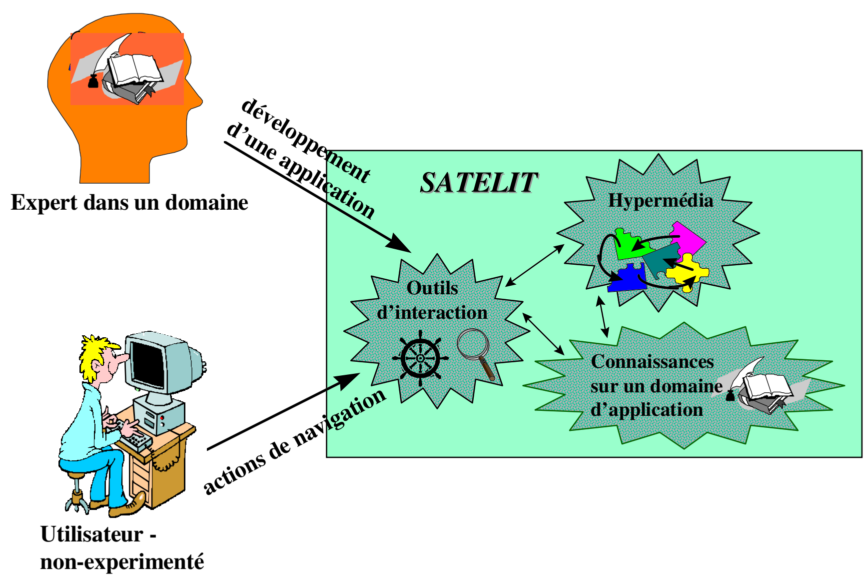



**Figure 3.21.** Interface de deux profils d'utilisateurs avec SATELIT

Pour ces deux différents profils d'utilisateur, SATELIT offre différents outils d'interface. Pour l'expert, il est nécessaire d'abord d'établir son « école de classification » et de confirmer son niveau d'expérience, afin de lui donner la possibilité d'accéder à la construction et/ou à la modification de la base de connaissances selon cette école. Ce point est très important pour la sécurité de développement d'une application : la base de connaissances ne doit pas être accédée et modifiée par un non spécialiste du domaine. De plus, la base de connaissances doit être cohérente, c'est-à-dire que toutes les connaissances introduites soient homogènes et approuvées par une des « écoles de classification » existantes. Une fois la compétence de l'expert vérifiée, il faut lui proposer les outils de développement d'application. Ces outils lui permettent :

• d'accéder a la taxinomie et d'ajouter de nouveaux taxons ;

• d'acquérir de nouvelles connaissances sur chaque taxon et de les relier avec les connaissances déjà existantes ;

• de remplir la base avec de nouveaux hypermédias associés aux taxons et/ou à la terminologie du domaine.

Quant à l'utilisateur consultant une application élaborée préalablement par l'expert, il a besoin d'autres outils d'interface. L'utilisateur-novice consulte une application avec le but d'identifier un objet de son intérêt et de retrouver une information précise et détaillée sur cet objet. Pour cela, il navigue au sein des pages Web, consulte le glossaire pour connaître la terminologie du domaine et essaye de trouver une page concrète dédiée à une description d'un objet dont il ne connaît pas forcement ni le nom ni la classe dans la taxinomie. Ainsi, l'utilisateur qui « ignore le but formel de ses navigations » et ne peut effectuer une recherche traditionnelle sous forme d'une requête formelle, se balade au hasard selon des critères personnels, tente différents liens et compose des requêtes « partielles ». Dans le domaine de l'orchidéologie, par exemple, l'utilisateur peut chercher à identifier une orchidée et à retrouver sa description hypermédia. Mais puisqu'il ne connaît pas son nom, il peut procéder en composant des requêtes partielles décrivant des parties et des sous-parties de l'orchidée observée. Par exemple, il peut chercher des orchidées de couleur blanche, avec des grandes fleurs uniques, etc. Il faut donc fournir à l'utilisateur de ce profil :

• des outils de navigation traditionnels dans les pages décrivant les objets et dans le glossaire du domaine ;

• un outil permettant de composer des requêtes et

•un moteur de recherche d'information correspondant aux requêtes précises.

Afin de différencier les deux modes de fonctionnement selon les deux profils d'utilisateur, SATELIT invite les utilisateurs à commencer une session en choisissant d'abord leur profil sur la page d'accueil (figure 3.22.) :

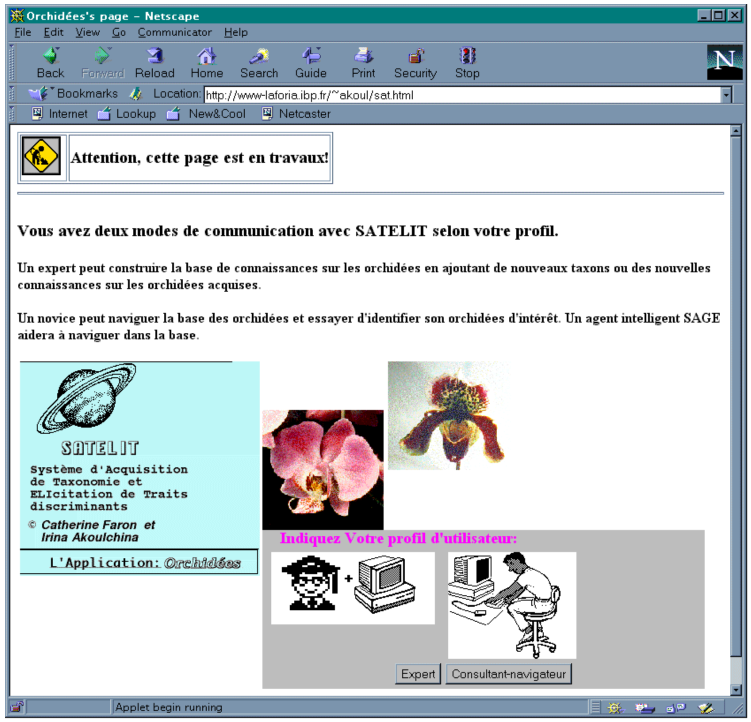



**Figure 3.22.** La page d'accueil de SATELIT sur le Web

Présentons maintenant en détail les deux modes de fonctionnement de SATELIT et exposons les outils d'interface élaborés pour chaque profil d'utilisateur.

### *3.4.1. Outils d'interface pour l'expert*

L'expert développant une application à l'aide de SATELIT possède des outils de construction de la taxinomie du domaine, d'élaboration des graphes conceptuels de taxons, d'organisation du treillis des types de concepts utilisés et de création des fichiers contenant l'information hypermédias sur les taxons et sur la terminologie du domaine, ainsi que les outils de composition des fichiers d'images décrivant les primitives du domaine. Les autres composants de la base de connaissances, comme le graphe de recherche d'information ou l'arbre de traits discriminants se construisent automatiquement au fur et à mesure du processus d'acquisition des connaissances par l'expert et ne nécessitent pas d'outils spéciaux.

#### *3.4.1.1. Acquisition d'un nouveau taxon*

Seul un expert dans un domaine particulier a le droit de construire et de modifier la taxinomie de ce domaine à l'aide des outils de SATELIT. La démarche d'une telle construction est descendante, procédant par spécialisation à l'inverse de la généralisation, qu'on utilise traditionnellement dans les différentes méthodes de classification. Notre approche de la construction de taxinomie, basée sur l'utilisation des opérations de spécialisation définies dans le modèle des graphes conceptuels (§ 3.2.3.1.), est dérivé des principes de METIS [Aïmeur, 94], le système élaboré dans notre équipe il y quelques années et enrichi ensuite par Catherine Faron dans le cadre de sa thèse.

Par notre approche *descendante*, pour construire une taxinomie dont la structure est connue en avance, l'expert doit d'abord saisir une description initiale du taxon-ancêtre commun pour tous les autres taxons (la racine de la hiérarchie taxinomique). Une fois qu'une telle *description minimale* du père commun est acquise, l'expert s'en sert pour introduire les descriptions de ces fils, qui héritent de la description de leur père, et ensuite, il raffine ces descriptions héritées pour discriminer les taxons-frères. Les descriptions de concepts utilisés pour décrire les taxons sont alors explicitées les unes après les autres, par *spécialisation* des descriptions de leurs concepts pères. C'est une acquisition *incrémentale* de la taxinomie : grâce à l'expert, les taxons s'ajoutent au fur et à mesure, ils héritent chacun la description de leur père dans la taxinomie et ensuite ces descriptions sont raffinées et spécialisées.

Ainsi, pour commencer un ajout d'un nouveau taxon, l'utilisateur-expert clique sur un taxon dans la fenêtre représentant la taxinomie et ensuite, sur le bouton « Ajouter un nouveau taxon » - une nouvelle fenêtre de dialogue apparaît et SATELIT propose l'utilisateur de taper le nom du nouveau taxon, le fils du taxon choisi (figure 3.23.) :

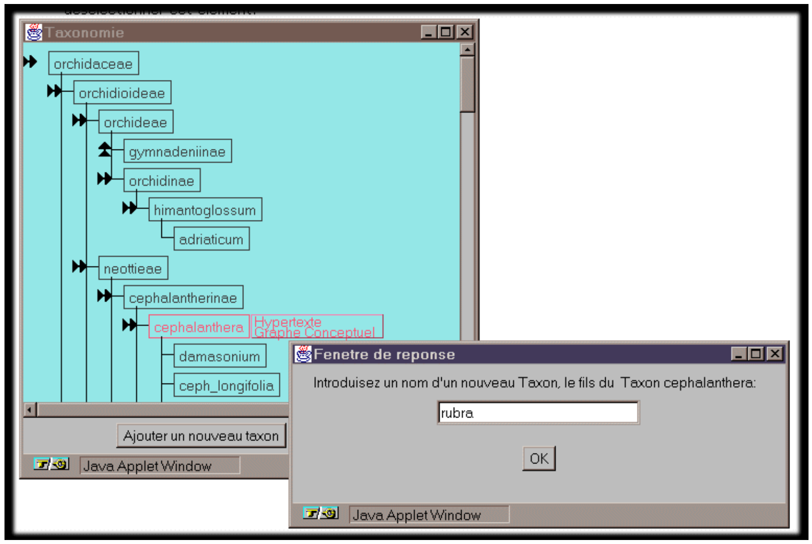



**Figure 3.23.** Début du processus d'acquisition d'un nouveau taxon

Le schéma ci-dessous résume les différentes étapes du processus d'acquisition d'un nouveau taxon et par conséquent, de construction de la taxinomie : le taxon héritant la description de son père s'expose à la procédure de discrimination de ses frères, puis la description acquise peut être approfondie par une restriction de concepts non restreints dans la procédure de discrimination et par une jointure d'autres triplets non joints lors de la procédure de discrimination. L'expert peut toujours modifier la description du taxon, à tout moment il a la possibilité de la perfectionner en procédant à des opérations de restriction et de jointure ou à un typage d'un des triplets acquis.

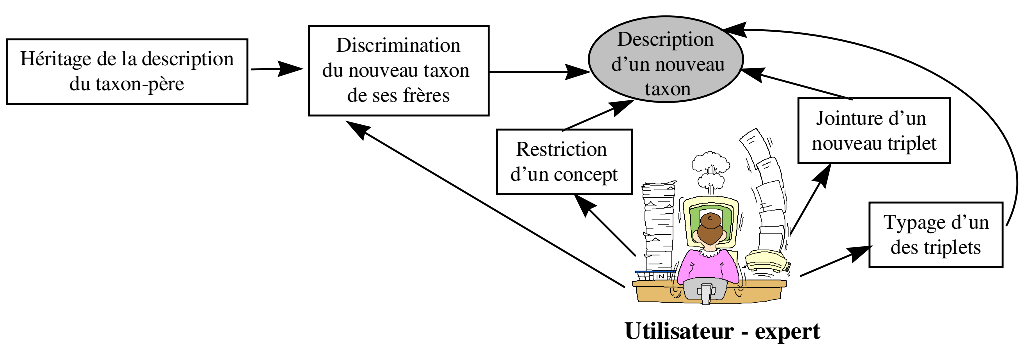



**Figure 3.24.** Processus d'acquisition d'un nouveau taxon

La procédure de discrimination d'un nouveau taxon de ses frères dans la taxinomie est montrée par la figure 3.25. [Faron, 97] : le graphe de description d'un nouveau taxon, hérité de son père, est d'abord spécialisé par une étape de complétion et, si cela ne suffit par pour le distinguer de ses frères, de nouveaux traits descriptifs s'ajoutent :

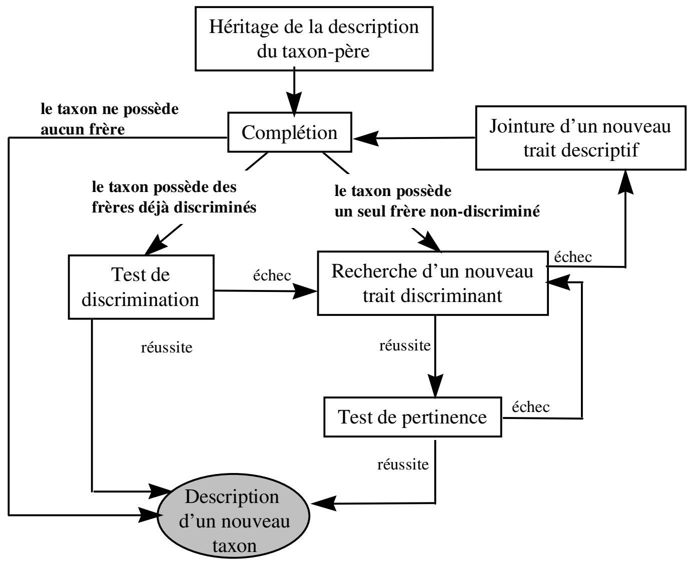



**Figure 3.25.** Etapes du processus de discrimination d'un nouveau taxon de ses frères

L'étape de complétion consiste en une séquence de restrictions des types de concepts du graphe de description hérité. Par exemple, si on introduit un nouveau taxon représentant la sous-famille *Cypripedioideae*, le fils du taxon-racine *Orchidaceae*, l'expert restreint le type de concept [forme :] du triplet [labelle :]→ (forme) → [forme :] par le sous-type plus spécifique [en-sabot :] (<en-sabot :> ≤ <forme :>).

Soutenant le processus de restriction, SATELIT aide l'expert en lui proposant des sous-types pour les concepts restreints. Pour les types de concepts inférieurs au type [<caractéristique :>] du treillis $T_c$ (figure 3.10.) SATELIT cherche et affiche dans une liste tous les sous-types du type interrogé plus encore une ligne « autre type » : l'utilisateur-expert n'a qu'à choisir une ligne dans cette liste et à cliquer dessus, un nouveau type spécialisé se dessine tout de suite dans le graphe conceptuel affiché à côté (figure 3.26.) Si l'utilisateur choisit la ligne « autre type », SATELIT lui laisse compléter ce nouveau type de concept et l'introduit ensuite dans le treillis $T_c$ du support S pour que celui-ci s'enrichisse au fur et à mesure de l'acquisition de nouveau taxons.

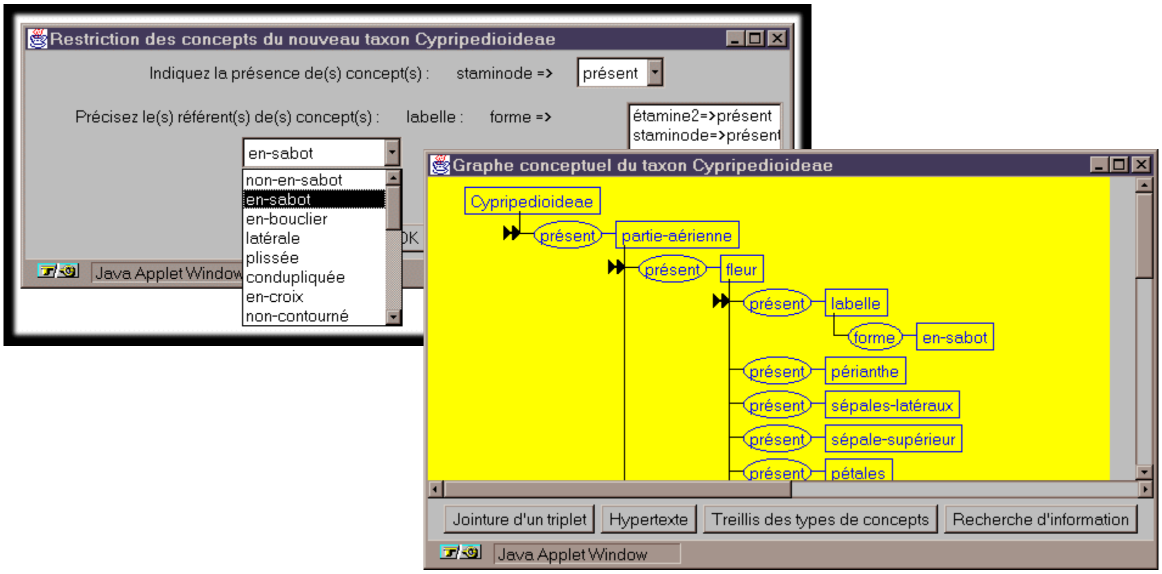



**Figure 3.26.** Assistance de SATELIT lorsqu'une restriction d'un concept du sous-type caractéristique

Dans le cas où l'utilisateur-expert restreint les types de relations inférieurs au type <présence_de_composant :> du treillis $T_r$ (figure 3.10.), SATELIT lui propose de choisir une des deux relations des sous-types conformes : « présent » ou « absent ». Par exemple, en introduisant le nouveau taxon *Cypripedioideae* qui possède une deuxième étamine, l'utilisateur peut spécifier le triplet [organes_de_production :]→ (présence_de_composant) → [étamine2 :] du taxon_père *Orchidaceae* en restreignant le type générique de la relation (présence_de_composant :) par (présent :) (figure 3.27.), et un nouveau triplet spécialisé s'affiche alors dans le graphe conceptuel visualisé à côté.

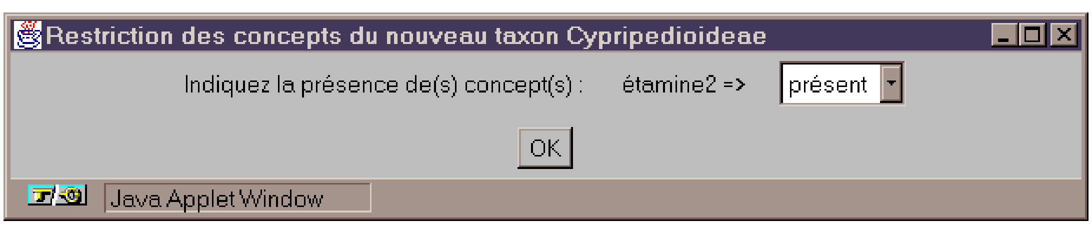



**Figure 3.27.** Assistance de SATELIT lorsqu'une restriction d'une relation du sous-type <présence_de_composant :>

SATELIT propose à l'utilisateur de restreindre ceux des types de concepts et de relations dont les triplets qu'ils composent servent des traits discriminants du taxon introduit le distinguant de ses frères. Seul l'expert juge ces traits pertinents. Par exemple, le trait [labelle :]→ (forme) → [forme :] distingue deux taxons : *Orchidioideae*, où [labelle :]→ (forme) → [non-en-sabot :] et *Cypripedioideae*, où [labelle :]→ (forme) → [en-sabot :]. Une seule restriction du type de concept [forme :] est suffisante pour discriminer le taxon *Cypripedioideae,* qui se diffère de son frère *Orchidioideae.*

Ce trait descriptif est désormais retenu pour discriminer d'autres frères de ces taxons : lors de l'acquisition d'un nouveau taxon-frère SATELIT va d'abord vérifier si ce trait permet encore de le discriminer. Par exemple, au moment d'acquisition du taxon *Apostasioideae*, le frère des *Orchidioideae* et *Cypripedioideae*, SATELIT propose de restreindre le type de concept [forme :], l'expert le fait, le nouveau triplet [labelle :]→ (forme) → [non-en-sabot :] apparaît dans le graphe du *Apostasioideae.* Mais ce triplet distingue déjà le taxon-frère *Orchidioideae,* alors, la discrimination automatique du dernier taxon introduit est échouée, il faut ajouter un nouveau triplet discriminant (figure 3.24.). L'expert est invité donc à augmenter la description de ce taxon, ainsi que celle de son père et celles de ses frères par un procédé d'une jointure d'un nouveau triplet. Dans le cas d'exemple ci-dessus, l'expert joint le triplet [organes_de_production :]→ (présent) → [étamine2 :] au graphe conceptuel représentant le taxon *Apostasioideae* (figure 3.28.).

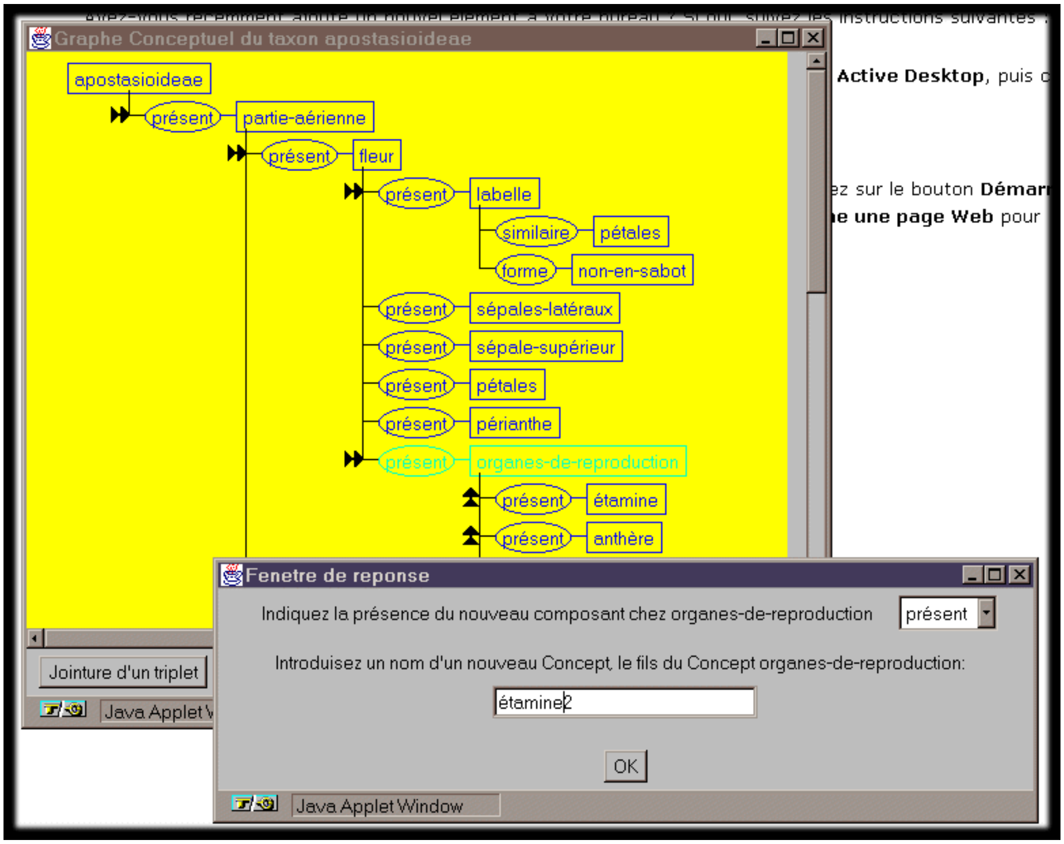



**Figure 3.28.** Jointure d'un nouveau triplet [<organes_de_reproductin :>]→ (présent) → [<étamine2 :>] lorsqu'un discrimination d'un nouveau taxon *Apostasioideae*

SATELIT joint automatiquement le triplet généralisé [organes_de_production :]→ (présence_de_composant) → [étamine2 :] aux graphes conceptuels représentant les taxons-frères *Cypripedioideae* et *Orchidioideae* et au graphe conceptuel du taxon *Orchidaceae*, père de ces trois taxons-frères. Le système invite maintenant l'expert à restreindre le type de relation généralisé (présence_de_composant :) dans tous les triplets joints chez les taxons-frères : l'expert le fait en le spécialisant par (présent :) dans le graphe conceptuel représentant le taxon *Cypripedioideae* et par (absent :) chez *Orchidioideae.* Ce nouveau trait sera mis en conjonction avec le trait précédemment retenu et désormais lors de l'acquisition de description pour chaque nouveau frère, l'expert sera d'abord obligé de restreindre le type de concept générique [forme :] et ensuite de restreindre le type de relation générique (présence_de_composant :). Si ces deux restrictions ne suffisent pas, SATELIT invitera l'expert à joindre de nouveaux triplets discriminants.

Les principales étapes du processus d'acquisition de connaissances sur des nouveaux taxons (schéma 3.25.) consistent chacune en une opération sur les graphes conceptuels décrivant ces taxons. La phase d'héritage d'une description initiale fait appel à l'opération de copie de graphe du taxon-père ; la phase de complétion invoque l'opération de restriction du type de concept ou du type de relation ; et la phase d'ajout d'un nouveau trait descriptif s'appuie sur l'opération de jointure. Le test de discrimination et la recherche d'un nouveau trait discriminant consiste en des appariements de graphes. Ces étapes proposées initialement dans le système METIS [Aïmeur, 94], ont été enrichies dans le système SATELIT pour permettre représenter et traiter les exceptions abondamment présentes dans divers taxinomies [Faron, 97] et mises en oeuvre lors de l'implémentation du système actuel.

### *3.4.1.2. Modifications des description de taxons*

Comme nous l'avons déjà souligné (figure 3.24.), à chaque moment l'expert peut modifier la description de taxon héritée du taxon-père et discriminée de ses taxons-frères. Pour ajouter des nouvelles connaissances sur un taxon particulier (ou modifier les connaissances déjà acquises) l'utilisateur expert clique sur le bouton « Taxinomie », l'arbre taxinomique se visualise dans une fenêtre spéciale (figure 3.23.). L'utilisateur peut manipuler cette structure taxinomique en refermant et en rouvrant ses sous-parties (l'icône « ▸ » désigne une branche dépliée, pour la plier il suffit de cliquer dessus, l'icône change par une nouvelle « ▲ », désignant branche repliée, pour la déplier il suffit de cliquer dessus) et en choisissant le taxon (il suffit de cliquer sur un des carrés représentant les noms des taxons, SATELIT change la couleur du taxon ainsi sélectionné). Une fois le taxon choisi, SATELIT affiche à côté un nouveau carré souligné comportant deux lignes : « Hypermédia » et « Graphe Conceptuel ». Cliquant sur la première l'utilisateur lance un éditeur des fichiers HTML et doit créer ou modifier le texte qui sera visualisé plus tard dans une page Web consacrée à ce taxon examiné. Choisissant la deuxième option, l'utilisateur lance l'éditeur des graphes conceptuels des taxons et est prié de compléter les connaissances sur le taxon acquises après le processus de sa création et sa discrimination. L'utilisateur-expert peut manipuler la structure arborescente du graphe conceptuel du taxon de la même façon qu'il manipule la structure taxinomique - il ouvre/ferme des branches en cliquant sur les icône «▲»/« ▸ » - et enrichit la description du taxon de trois façons :

1. en restreignant les types de concepts et les types de relations non restreints dans la procédure de discrimination (bouton « Restriction »),

2. en joignant des triplets non joints lors de la procédure de la discrimination (bouton « Jointure »), et

3. en typant des triplets acquis (bouton « Typage »).

1). Pour restreindre un type de concept l'utilisateur clique dessus sur le graphe conceptuel affiché dans une fenêtre. Le soulignant, SATELIT change la couleur du carré représentant ce type de concept, l'utilisateur clique ensuite sur le bouton « Restriction » et SATELIT propose une liste des types de concepts inférieurs au type choisi plus encore une ligne « autre type ». L'utilisateur sélectionne une ligne dans cette liste et un nouveau type spécialisé se dessine tout de suite dans le graphe conceptuel affiché à côté (figure 3.26.) Si l'utilisateur choisit la ligne « autre type », SATELIT l'invite à taper ce nouveau type de concept et l'introduit ensuite dans le treillis $T_c$ du support S s'enrichissant au fur et à mesure de l'acquisition des nouvelles connaissances sur les taxons.

Pour restreindre un type de relation l'utilisateur clique dessus sur le graphe conceptuel affiché, SATELIT change la couleur de l'ovale représentant ce type de concept pour le souligner. L'utilisateur clique ensuite sur le bouton « Restriction » et SATELIT propose une liste de types de relation inférieurs au type choisi. Par exemple, si le type de relation choisi par l'utilisateur est <présence_de_composant :>, SATELIT propose <présent :> et <absent :> dans la liste de choix (figure 3.27.).

2). Pour joindre un nouveau triplet l'utilisateur clique sur un des carrés représentant le type du concept sur le graphe conceptuel affiché. SATELIT change sa couleur et le considère comme le premier composant du triplet introduit, il ne reste qu'à ajouter le type de deuxième concept et le type de relation liant ces deux concepts pour joindre le triplet vers le graphe existant. L'utilisateur clique ensuite sur le bouton « Jointure », SATELIT précise d'abord le type générique du nouveau concept - sera-t-il du type <composant :>,

<caractéristique :> ou <comparaison :> ? Si l'utilisateur choisit une jointure d'un concept du type <composant :> SATELIT lui propose de déterminer le type de relation en le laissant choisir entre <présence_de_composant :>, <présent :> et <absent :> comme trois types possibles de relation liant deux concepts de types <composant :>, et puis, il affiche une liste des types de concepts inférieurs au type de concept choisi par l'expert (trouvés dans le treillis $T_c$) plus un « nouveau type ». Au cas où l'utilisateur choisit le « nouveau type », SATELIT lui demande de taper ce nouveau type de concept et l'introduit ensuite dans le treillis $T_c$ du support S pour l'enrichir. La figure 3.28. montre un exemple de dialogue avec l'expert lorsque d'une procédure de jointure d'un concept du type <composant :>.

Si l'utilisateur choisit une jointure d'un concept du type <comparaison :> SATELIT lui propose de déterminer le type de relation en le laissant choisir entre ses sous-types comme <plus_grand :>, <moins_large :>, <même_valeur :> etc. plus « autre comparaison », puis, comme dans le cas précédent, il affiche une liste des types de concepts inférieurs au type de concept choisi par l'expert (trouvés dans le treillis $T_c$) plus un « nouveau type ». Au cas où l'utilisateur choisit « l'autre comparaison » ou le « nouveau type », SATELIT lui demande à taper ces nouveaux types de relation et de concept et les introduit ensuite dans le treillis $T_r$ et $T_c$ conformément du support S pour l'enrichir.

Lorsque l'utilisateur a décidé de joindre un concept du type <caractéristique :> SATELIT lui propose de déterminer ce type et lui affiche tous les sous-types connus du type supérieur <caractéristique :> trouvés dans le treillis $T_r$ comme par exemple, <forme :>, <couleur :>, <texture :> etc., plus « nouvelle caractéristique ». Une fois que le type de relation est choisi et qu'il est de type connu dans $T_r$, SATELIT affiche une liste des types de concepts trouvés dans $T_c$ et inférieurs au type de concept correspondant au type de relation choisi par l'expert ; par exemple, pour le type de relation (valeur :) SATELIT affichera les types de concepts inférieurs au [valeur :] du $T_c$ comme [petit :], [moyen :], [grand :], etc. Bien sûr, l'utilisateur peut toujours enrichir $T_c$ en ajoutant des nouveaux types de concepts inférieurs au type choisi. Au cas où l'utilisateur sélectionne la « nouvelle caractéristique » comme un type de relation liant deux concepts du triplet joint, SATELIT l'invite à taper ce nouveau type de relation caractéristique, l'introduit dans le treillis $T_r$ du support S et en même temps l'introduit comme un nouveau super-type de concepts dans $T_c$ et demande ensuite l'expert à taper un nouveau type de concept, qui est un sous-type du type venant d'être ajouté. Par exemple, la figure 3.29. montre un processus de dialogue avec un expert qui joint lu triplet [inflorescence :]→ (texture) → [serré :] vers le graphe conceptuel du taxon *Herminium* au moment où le type <serré :> s'ajoute au treillis de types de concepts $T_c$ comme un nouveau sous-type du type <texture :>.

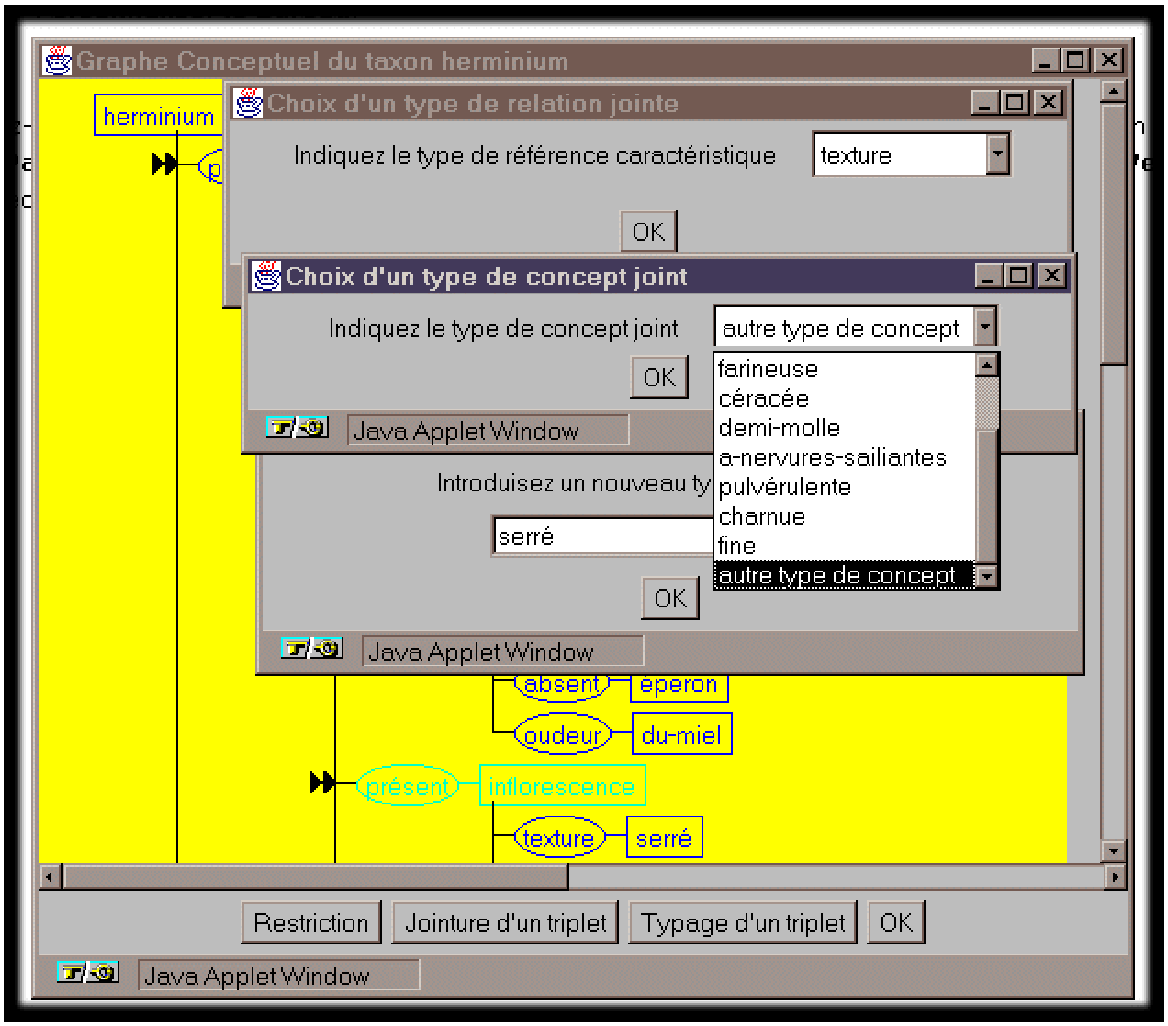



**Figure 3.29.** Jointure du triplet [<inflorescence :>]→ (texture) → [<serré :>] chez le graphe conceptuel décrivant le taxon *Herminium*

3). L'utilisateur peut aussi associer un type à un triplet d'un graphe conceptuel. Pour cela il choisit le triplet à typer, en cliquant d'abord sur un des carrés représentant le type de concept ou sur un des ovales représentant le type de relation sur le graphe conceptuel affiché, et ensuite, en cliquant sur le bouton « Typage ». SATELIT change la couleur de tout triplet, incluant le carré ou l'ovale sélectionnés par l'expert et affiche une liste des types de triplets possibles comportant les lignes « trait discriminant » et « trait saillant ». Il ne reste à l'expert que choisir une des deux lignes pour que le triplet soit typé (figure 3.30.).

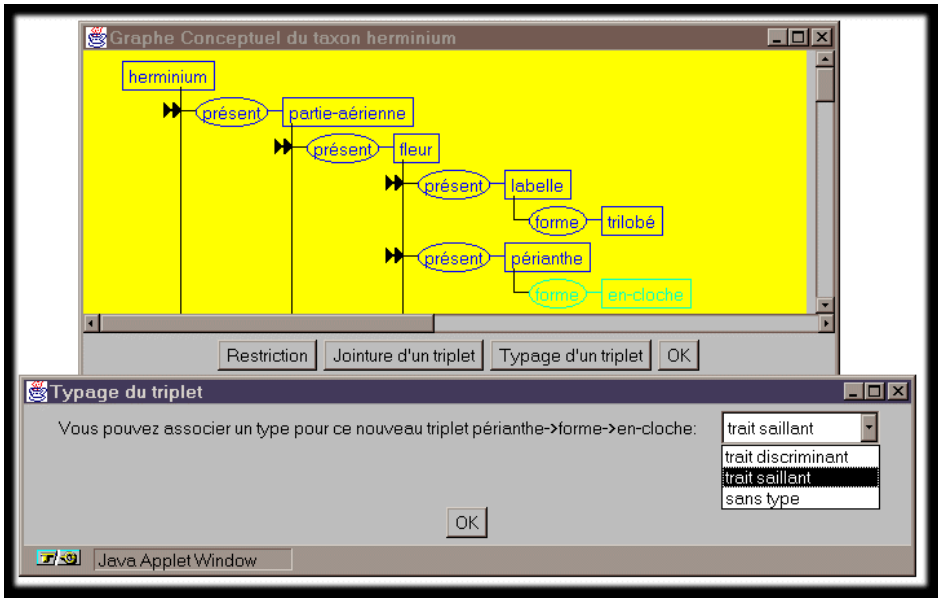



**Figure 3.30.** Typage du triplet [<périanthe :>]→ (forme) → [<en_cloche :>] chez le graphe conceptuel décrivant le taxon *Herminium*

De toute façon le graphe conceptuel permettant de décrire un taxon n'est pas construit « une fois pour toutes », au contraire, il est raffiné et enrichi par l'expert dès que ce dernier le croit nécessaire et utile. Une telle modification des connaissances et l'accroissement de la base de connaissances qui en résulte, ne provoquent pas des changements pour les processus de raisonnement sur ces connaissances, ni sur le fonctionnement de l'agent intelligent d'interface (§ 5). La base de connaissances est ainsi efficace et valide à chaque moment de développement d'une application.

### *3.4.1.3. Modifications des treillis des types de concepts et des types de relations*

L'utilisateur-expert peut aussi manipuler la structure arborescente du treillis des types de concepts et des types de relations de la même manière qu'il manipule la structure taxinomique. Pour ajouter des nouveaux types de concepts dans le treillis, l'utilisateur clique sur le bouton « Treillis des types de concepts », et visualise alors le treillis dans une fenêtre spéciale (figure 3.31.). L'utilisateur peut ainsi manipuler ce treillis en refermant et en rouvrant ses branches à l'aide des icônes « ▸ » et « ▴ ». L'utilisateur choisit un super-type en cliquant sur un des types affichés et appuie ensuite sur le bouton « Ajout d'un nouveau type ». SATELIT lui propose de saisir le nom du nouveau type de concept puis affiche une nouvelle structure enrichie du treillis, en y intégrant le nouveau type (figure 3.31.).

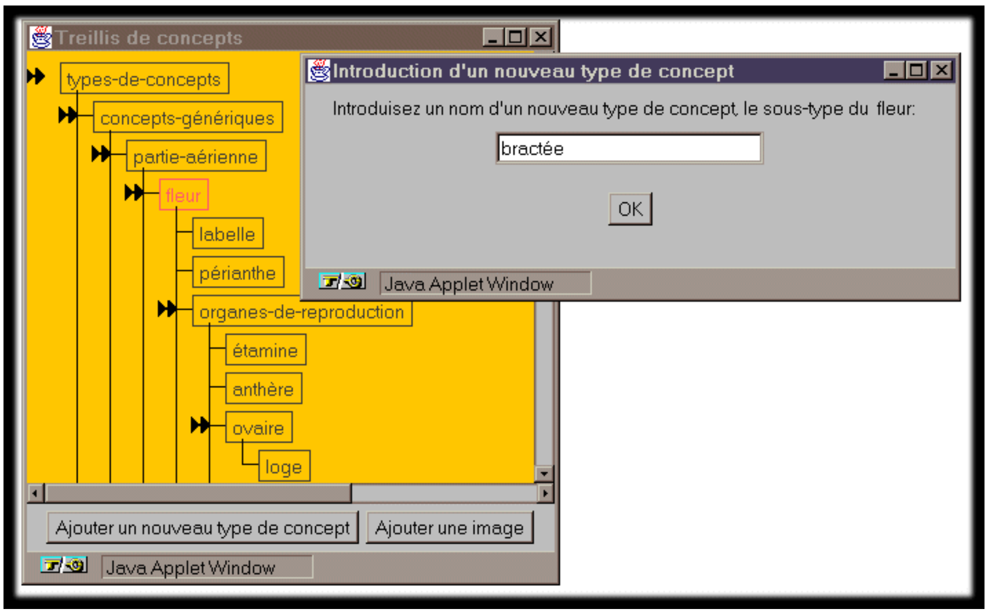



**Figure 3.31.** Introduction d'un nouveau type de concept au treillis des types de concept

L'utilisateur-expert doit aussi créer un fichier HTML contenant l'information hypermédia expliquant la terminologie du domaine exploré. Ce fichier est utilisé lors de la consultation quand l'utilisateur-novice voudra se renseigner dans le glossaire hypermédia à propos d'un terme inconnu rencontré. On remarque ici, qu'en général, on peut créer plusieurs fichiers HTMLs expliquant divers aspects du domaine ; par exemple dans le domaine d'orchidéologie, en outre le fichier du glossaire, l'expert peut créer un fichier contenant des références à un catalogue de botanistes ayant décrits les orchidées représentées dans l'application, ou un fichier renvoyant à un répertoire des maladies possibles des orchidées et de leur traitement, ou encore un fichier décrivant les régions géographiques où poussent les orchidées considérées.

Certains termes peuvent renvoyer aussi à des explications sous formes de dessins ou de croquis. L'utilisateur-expert crée ses dessins dans les fichiers graphiques à l'aide de logiciel spécialisés (un terme peut être expliqué par plusieurs fichiers graphiques). Pour créer des liens entre un terme (type de concept) et un fichier graphique, l'utilisateur choisit un type de concept en cliquant dessus dans le treillis et sélectionne ensuite le bouton « Ajouter une image ». SATELIT l'invite à taper le nom de ficher graphique et crée ensuite ce lien automatiquement. S'il y a plusieurs fichiers d'explications graphiques, l'utilisateur peut répéter ce procédé autant de fois qu'il existe de fichiers. La figure 3.32. représente le procédé de création du nouveau type de concept [organes_de_reproduction :] et de sa liaison avec deux fichiers graphiques explicitant les particularités des organes de reproductions des orchidées :

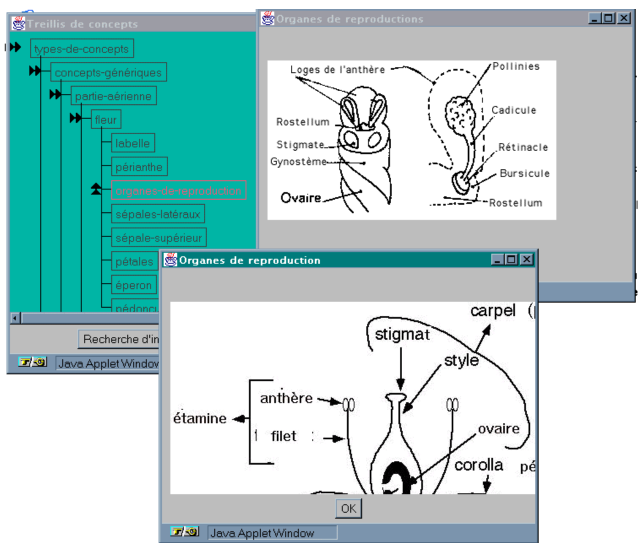



**Figure 3.32**. Modification du treillis des types de concepts

La manipulation du treillis des types de relations est semblable à celle du treillis de types de concepts : l'utilisateur aussi peut ajouter à chaque instant de nouveaux types de relations à ce treillis, mais il ne crée ni de fichier HTML expliquant ces types, ni liens vers les fichiers graphiques.

Les outils spécialisés de SATELIT permettent l'utilisateur-expert de développer une application : construire la taxinomie du domaine, élaborer les graphes conceptuels des taxons, organiser les treillis des types de concepts et des types de relations utilisés, et créer les fichiers hypermédias explicitant les informations sur les taxons et sur la terminologie du domaine. Ainsi, le modèle formel du domaine se développe au fur et à mesure d'acquisition de nouvelles connaissances selon une démarche descendante, procédant par spécialisation des connaissances acquises.

Le tableau ci-dessous résume la destination de chaque outil de SATELIT en service de l'utilisateur-expert :

Tableau 3.1

| Outils de l'utilisateur-expert | Possibilités d'actions | |
|---|---|---|
| | Ajouter | Modifier |
| Editeur de Taxinomie | un nouveau taxon | par la discrimination (restriction/jointure) de la description héritée |
| Editeur de Graphe Conceptuel | un nouveau triplet | • restriction/jointure des composants divers d'un graphe ;<br>• typage des triplets |
| Editeur de Treillis des types de concepts | un nouveau type de concept | association des certains types de concepts avec des fichiers graphiques |
| Editeur de Treillis des types de relations | un nouveau type de relation | |

### *3.4.2. Outils d'interface pour le novice*

L'utilisateur « novice » peut consulter une application développée par l'utilisateur-expert, c'est-à-dire il peut interroger la base de connaissances et naviguer dans l'information hypermédia. Les buts d'une telle consultation peuvent être variés : identifier un objet particulier du domaine taxinomique, trouver toutes informations disponibles sur un objet donné, étudier la terminologie du domaine et d'autres informations additionnelles accessibles. Par exemple, dans le domaine d'orchidéologie, l'utilisateur peut vouloir identifier une fleur qu'l possède, choisir une plante à acheter parmi toutes les plantes proposées, consulter le glossaire expliquant les particularités des orchidées, établir la cause d'une maladie dont sa plante souffre et les moyens d'y remédier, trouver toutes les fleurs qui peuvent pousser dans la région où il habite, consulter le catalogue des botanistes et leurs différents points de vue sur sa plante préférée, et ainsi de suite...

Une telle consultation revient en fait à une navigation à travers plusieurs pages hypermédias[1] décrivant des taxons du domaine considéré, à une étude des pages hypermédias du glossaire et des informations complémentaires à propos du domaine, et à des requêtes de recherche d'informations précises. En même temps l'utilisateur-novice peut naviguer dans la taxinomie du domaine, le treillis de types de concepts et des types de relations et les graphes conceptuels décrivant les taxons. L'utilisateur-novice utilise les outils de SATELIT de manière *passive*, car au contraire de l'utilisateur-expert il peut seulement *observer* l'information présentée et non pas la *modifier*. Le tableau ci-dessous rassemble les possibilités d'outils de SATELIT disponibles à l'utilisateur-novice :

Tableau 3.2

| | Outils de l'utilisateur-novice | Possibilités d'actions |
|---|---|---|
| Outils standards d'Internet (du Web) | Navigateur dans la page hypermédia (Web) | Poursuivre les liens hypermédias |
| | Navigateur dans la page du glossaire (Web) | Poursuivre les liens hypermédias,<br>observer les images explicitant les primitives du domaine |
| Outils spécifiques de SATELIT | Navigateur dans la Taxinomie | Choisir un taxon et aller voir :<br>• sa représentation hypermédia ;<br>• son graphe conceptuel |
| | Navigateur dans le Graphe Conceptuel | Observer le graphe,<br>Choisir un type de concept et aller voir<br>• son explicitation hypermédia dans la page de Glossaire ;<br>• les dessins et croquis dans les fenêtres à part |
| | Navigateur dans le Treillis des types de concepts | Choisir un type de concept et aller voir :<br>• son explicitation hypermédia dans la page de Glossaire ;<br>• les dessins et croquis dans les fenêtres à part |
| | Navigateur dans le Treillis des types de relations | Observer le treillis |
| | Recherche d'information | Composer une requête (choisir un triplet),<br>choisir un taxon dans la liste des taxons conformes,<br>aller voir la représentation hypermédia de ce taxon |

[1] Page Web en format HTML (cf. § 4.1.2.)

*3.4.2.1. Interactions de l'utilisateur avec les outils standards de navigation du Web*

Les outils standards de navigation du Web offrent à l'utilisateur la possibilité de poursuivre des liens hypermédia. Ces liens sont généralement mis en valeurs par une couleur différente ou par leur soulignement dans le texte affiché. Dans les pages contenant de l'information hypermédia sur les taxons du domaine les liens mènent à d'autres pages représentant les taxons, ou à une des pages hypermédias du Glossaire du domaine. En bas de chaque page se trouve un champs de boutons permettant l'utilisateur choisir d'autres outils de SATELIT à utiliser. La figure 3.33. montre une page avec l'information hypermédia sur le taxon *Haemaria* et le champ de boutons attachés « Taxinomie », « Graphe Conceptuel », « Treillis des types de concepts », « Recherche d'information » permettant d'appeler ces outils de SATELIT. Les mots soulignés dans cette page sont des hyper-liens vers la page du glossaire expliquant leur sens ou vers d'autres pages hypermédias des taxons associés.

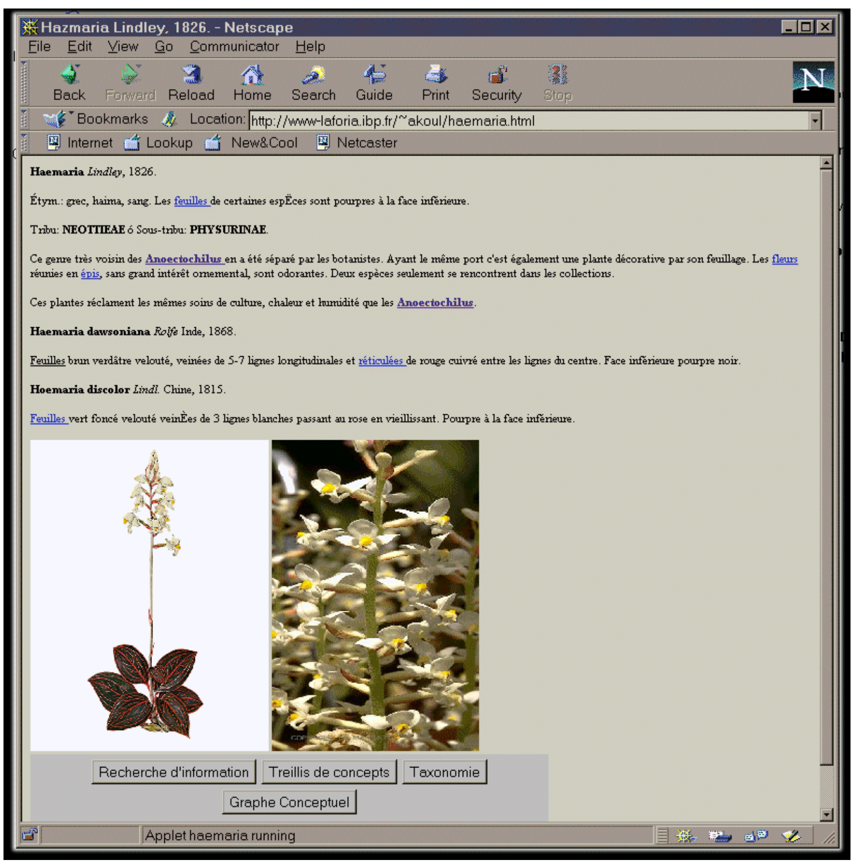



**Figure 3.33**. Une page hypermédia consacrée à un taxon *Haemaria*

### *3.4.2.2. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans la Taxinomie*

Au sein du navigateur de la Taxinomie, l'utilisateur peut manipuler l'arbre taxinomique (affiché dans une fenêtre spéciale) à l'aide des icônes « ▸ » et « ▲ » d'ouverture/fermeture des branches. La figure 3.23. représentant l'éditeur de la taxinomie peut servir aussi d'image de son navigateur, mais au lieu du bouton « Ajouter un nouveau taxon » de l'éditer, le navigateur affiche les boutons de consultations : « Treillis des types de concepts » et « Recherche d'information ». Dès que l'utilisateur choisit un taxon (en cliquant sur un des carrés représentant les nom des taxons), SATELIT change sa couleur et affiche à côté un nouveau carré, aussi mis en valeur par un changement de couleur, qui comporte deux lignes : « Hypermédia » et « Graphe Conceptuel ». En cliquant sur la première ligne l'utilisateur lance le navigateur standard du Web permettant consulter la page consacrée au taxon choisi (§ 3.4.2.1.). S'il sélectionne la seconde ligne, l'utilisateur dispose du navigateur du graphe conceptuel représentant les connaissances formalisées sur le taxon examiné.

### *3.4.2.3. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans le Graphe Conceptuel*

Ce navigateur représente les connaissances associées à un taxon particulier formalisées sous forme de graphes conceptuels. L'utilisateur-novice peut observer ce graphe, mais non pas le modifier. Il peut manipuler la structure du graphe de la même façon qu'il manipule la structure taxinomique - il ouvre/ferme des branches en cliquant sur les icône « ▲ »/« ▸ ». En bas de la fenêtre le navigateur affiche les boutons d'appel d'outils spécifiques de SATELIT : « Taxinomie », « Treillis des types de concepts » et « Recherche d'information ». L'observation du graphe conceptuel associé au taxon peut aider l'utilisateur à mieux comprendre les particularités de l'objet examiné, distinguer ses composants et leurs caractéristiques. Souvent, il est très efficace d'observer le graphe et l'information hypermédia ensemble (figure 3.34.). Les différentes représentations sont complémentaires et aident à mieux éclaircir la description de l'objet du domaine structuré.

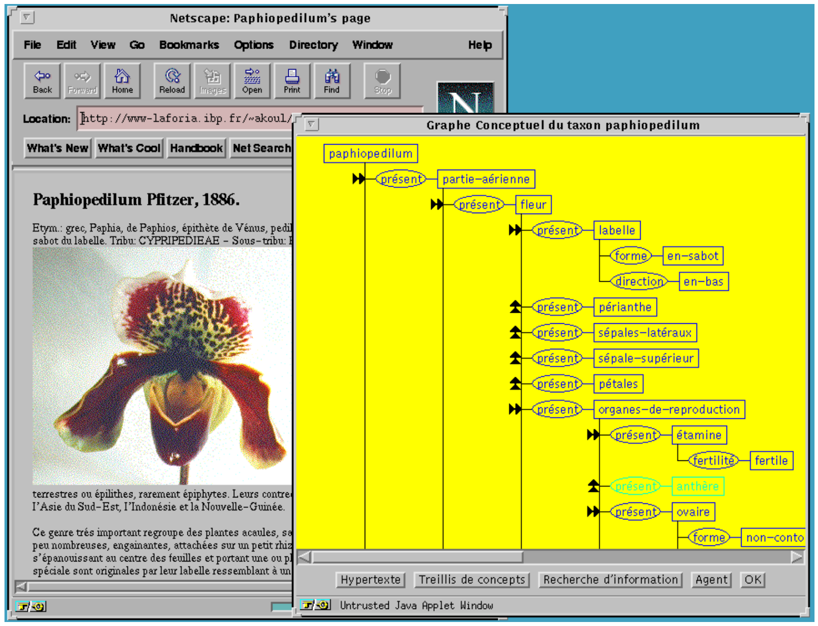



**Figure 3.34.** Une page hypermédia et le navigateur dans le graphe conceptuel d'un taxon

Cliquant sur un des carrés représentant les types de concepts, l'utilisateur peut se retrouver dans la page du glossaire à l'endroit où ce type est expliqué.

*3.4.2.4. Interactions de l'utilisateur avec le navigateur dans le Treillis des types de concepts*

Choisissant un des types de concepts représentés dans ce treillis (manipulable de la même manière que la taxinomie ou les graphes conceptuels), l'utilisateur a accès à la page hypermédia du glossaire à l'endroit où ce type est explicité en détail. Si l'expert a estimé utile d'attacher à ce type un ou plusieurs fichiers graphiques, l'utilisateur-novice verra affichées, en même temps que l'explication hypertextuelle, une ou plus fenêtres avec les dessins expliquant le type de concept examiné. La figure 3.35. montre un tel exemple, où l'utilisateur observe les explications du terme « labelle » (qui est le type de concept du domaine) dans la page du glossaire et dans deux fenêtres représentant le labelle d'orchidée et ses multiples formes.

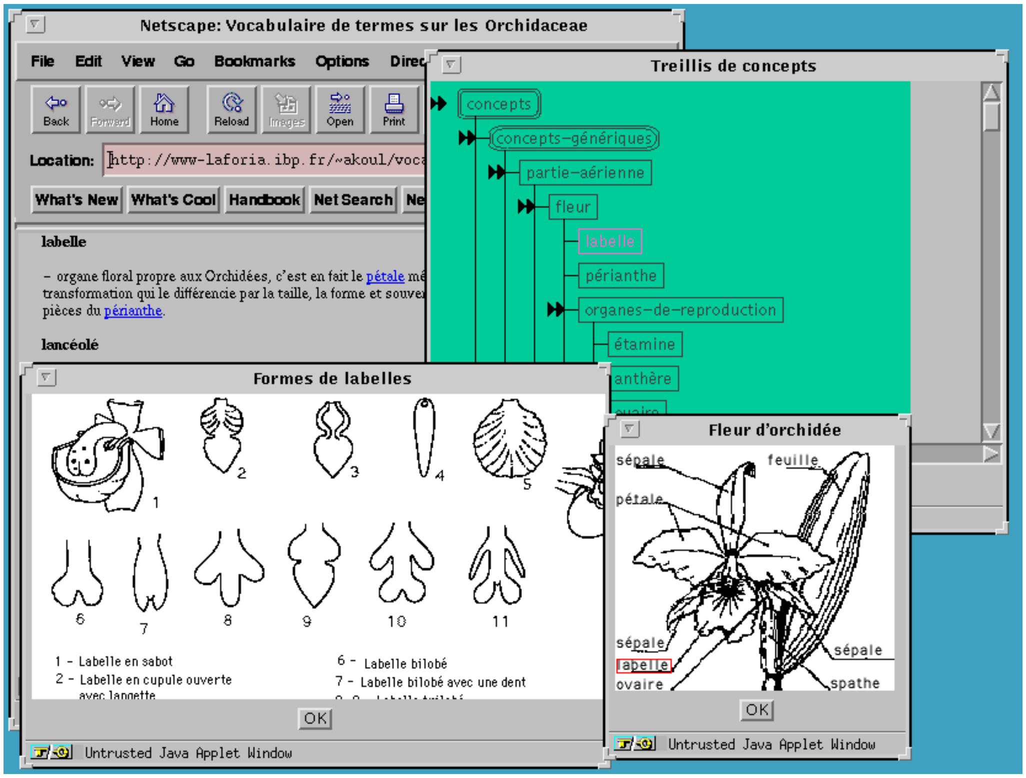



**Figure 3.35.** Une page hypermédia du glossaire et le navigateur dans le Treillis des types de concepts

Si un dessin contient les explications de plusieurs types de concepts, le type examiné est mis en valeur par une couleur distincte, ainsi dans la figure 3.35. le mot « labelle » est entouré et souligné dans la fenêtre droite en bas qui représente divers composants d'orchidée.

### *3.4.2.5. Interactions de l'utilisateur avec l'outil de Recherche d'Information*

SATELIT est un hypermédia enrichi de possibilités de recherche d'information précise à travers de toute la base de connaissances (§ 2.1.3.), ce qui rend la consultation plus souple et plus efficace. Un outil permettant une telle recherche offre un moyen supplémentaire d'accès à l'information à l'aide des requêtes composées par les utilisateurs. Cet outil a été développé à partir du graphe conceptuel de recherche d'information $G_{RI}$ qui représente l'ensemble de toutes les combinaisons permises du domaine d'application (§ 3.3.5.). Ce graphe $G_{RI}$ est construit tout au long de la construction de la base connaissances acquises sur le domaine à partir des éléments du support à l'aide d'opérations de spécialisation.

La requête de l'utilisateur consiste en un choix d'un triplet dans le graphe de recherche d'information. Tandis que les noeuds d'hypermédia sont indexés à leurs expressions formelles sous forme de graphes conceptuels, les critères de recherche d'information se ramènent à une fouille du triplet choisit par l'utilisateur dans tous les graphes de la base de connaissance. Les graphes contenant ces triplets représentent donc les taxons recherchés.

L'outil de recherche d'information reflète le graphe $G_{RI}$. L'utilisateur peut manipuler ce graphe de la même manière qu'il manipule le graphe conceptuel ordinaire (§ 3.4.2.3.). La différence entre la représentation du graphe de recherche $G_{RI}$ et la représentation du graphe conceptuel ordinaire est que les types de relations caractéristiques et les types de relations de comparaison du graphe $G_{RI}$ sont marqués par un ajout du symbole « ? » à leur nom, et que les sous-types de relations du super-type <présence_de_composant :> sont représentés par le symbole « ? ». Tous les types de relations dans le graphe $G_{RI}$ incluant le symbole « ? » dans leurs noms sont soulignés par un double ligne ovale. Cela est fait afin d'aider l'utilisateur-novice à choisir les triplets de requêtes possibles. Par exemple, si l'utilisateur cherche à connaître toutes les plantes ayant les feuilles plissées, il n'a qu'à choisir le triplet [feuille :]$\rightarrow$ (forme - ?) $\rightarrow$ [plissée :] dans le navigateur du graphe de recherche d'information et cliquer sur l'ovale mis en valeur par double soulignement « forme - ? » liant deux carrés « feuille » et « plissée ». SATELIT retrouve tout de suite les taxons représentant les orchidées recherchées (figure 3.36.).

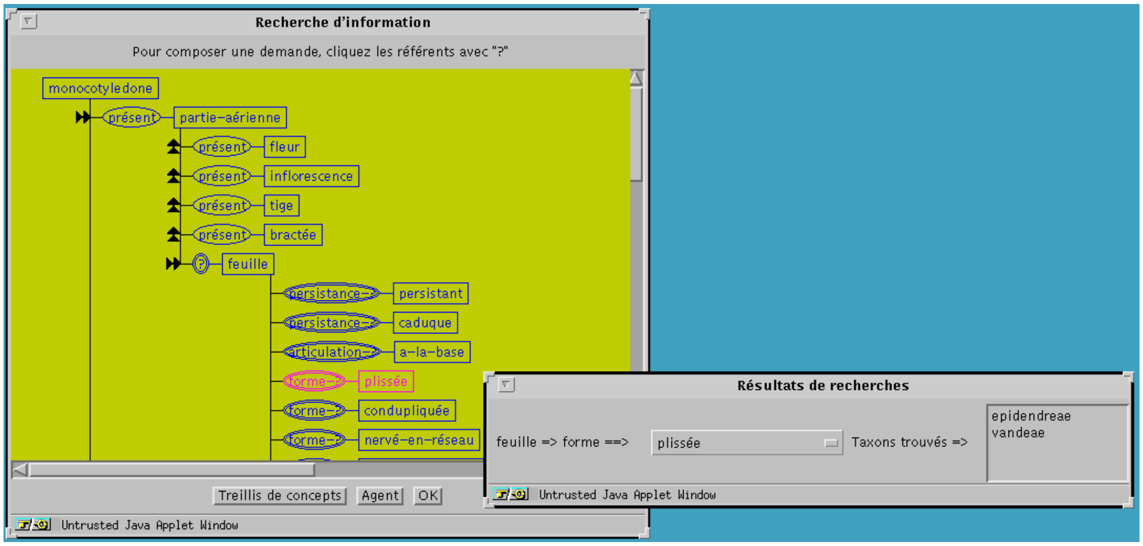



**Figure 3.36.**Outil de recherche d'information

Cliquant sur un des noms de la liste des taxons retrouvés, l'utilisateur accède à la page hypermédia du taxon choisi. Il peut aussi facilement changer le type représentant le concept caractéristique de la requête afin d'en composer une autre. Par exemple, si l'utilisateur clique sur un petit carré à côté du mot « plissée » de la fenêtre de résultats des recherches, il recevra une liste de types de concepts frères du type choisi « plissée » : « ovale », « lancéolée », « oblongue », « à_nervures_anastomosées », etc.

Dans le cas d'une requête où l'utilisateur s'interroge sur la présence d'un composant chez des objets d'une taxinomie (par exemple il cherche les orchidées dont partie aérienne possède une feuille), il trouve dans l'outil de recherche d'information un triplet conforme à la requête souligné doublement et clique dessus. SATELIT lui propose de préciser la requête en choisissant « présent » ou « absent » comme type de relation liant deux types de concepts et puis effectue la recherche traditionnelle.

SATELIT permet de spécifier les requête générales. S'il existe des sous-types du type de concept utilisé dans la requête, il cherche aussi les triplets contenant ces sous-types. Ainsi, si l'utilisateur tente de retrouver toutes les orchidées possédant un labelle en forme « non en sabot », SATELIT récupère aussi tous les taxons ayant le labelle en forme bifide, trilobée et en-languette, car <bifide :> ≤ <non-en-sabot :>, <trilobé :> ≤ <non-en-sabot :> et <en-languette :> ≤ <non-en-sabot :>.

La version actuelle de SATELIT ne permet encore pas des requêtes multi-critères : l'utilisateur ne peut pas composer une requête concluant plusieurs demandes unies par des conjonctions de « et » ou « ou ». Pour le moment il est obligé de composer plusieurs requêtes et choisir chaque fois un des taxons conformes à examiner.

## 3.5. Besoin essentiel d'un agent intelligent de navigation SAGE

SATELIT, comme tous les systèmes hypermédias suscite certaines difficultés pour un utilisateur-novice. La première est bien connu sous le nom de *« perdition dans l'hyper-espace »*. Ne sachant pas exprimer formellement son but final de navigation, l'utilisateur avance pas à pas « dans les ténèbres » de multiplicité des liens proposés. Ce problème s'aggrave avec l'enrichissement du système par les moyens d'interrogation de recherche d'information et provoque une difficulté supplémentaire pour *formuler explicitement la requête*. Alors, si on offre à l'utilisateur-novice un agent intelligent de navigation qui soit capable d'apprendre son but implicite de recherche et de le guider vers les « meilleurs » choix, la navigation pourrait avancer d'une manière très efficace. Cet agent pourrait aussi aider l'utilisateur à composer des requêtes, le délivrant à la fois des manipulations de l'outil de recherche d'information, et de la formulation précise et explicite d'une recherche.

Une fois la requête composée et les taxons conformes retrouvés par SATELIT, un tel agent pourrait filtrer ces résultats en se basant sur le modèle adaptatif d'utilisateur qui inclus ses buts partiels et ses préférences. Compte tenu de l'énorme quantité d'information représentée (rappelons que dans le domaine d'orchidéologie, par exemple, il existe à peu près 5000 espèces à mémoriser), un problème apparaît fréquemment : chaque fois que le moteur de recherche retrouve beaucoup d'information conforme à une requête, l'utilisateur devra choisir lui-même le « meilleur » prochain lien à suivre. Il apprécierait alors beaucoup l'assistance d'un agent intelligent d'interface.

Si l'agent observe qu'un utilisateur se renseigne souvent dans le glossaire sur les termes du domaine, il peut conclure, que ce domaine est peu connu de cet utilisateur, et construire donc des nouveaux liens *dynamiques* vers d'autres termes du glossaire inconnus ou même vers des nouvelles requêtes à composer qui incluent ces termes. Observant pas à pas les actions consécutives de l'utilisateur et *apprenant* ainsi son profil, cet agent pourrait aussi ajouter des liens dynamiques vers d'autres taxons, que le moteur de recherche de SATELIT n'a pas retrouvé suite à une requête - ces liens seraient créés grâce aux connaissances apprises par l'agent à partir du modèle d'utilisateur. Ces liens dynamiques dépendent du modèle adaptatif de l'utilisateur et n'existent que durant une session de l'utilisateur avec SATELIT. Ils s'effacent dès que l'utilisateur a atteint le but final de ses navigations et terminé la session.

D'autre part, l'utilisateur peut consulter une application avec le but non pas d'*identifier* un objet précis, mais de *choisir* son objet d'intérêt selon ses critères de préférences. Par exemple, il peut vouloir d'acheter une orchidée mais être embarrassé pour la choisir. *Il ne sait pas exactement ce qu'il veut*, mais dès qu'il *voit* les objets proposés, il peut les *comparer* avec celui de son idéal et *les estimer* en exprimant ses jugements à propos de leurs particularités. Par exemple, si l'utilisateur a vu une photo d'une orchidée, on peut lui demander si l'orchidée qu'il cherche doit avoir même couleur et même taille. Un agent intelligent d'interface pourrait demander des *rétroactions* à l'utilisateur chaque fois que celui-ci voit l'information hypermédia consacrée à un objet précis de la taxinomie afin d'apprendre les critères de navigation et par conséquent, induire le but final de recherches.

Ainsi, en plus d'outils ordinaires de navigation d'un hypermédia enrichi de possibilités de recherche d'information, SATELIT doit offrir à l'utilisateur de nouveaux moyens de consultation : l'agent intelligent d'interface, accélérant, facilitant et anticipant les actions de l'utilisateur. Nous avons appelé cet agent SAGE (pour **S**ATELIT **AGE**NT - un agent d'assistance pour le système SATELIT) et nous essayons de le rendre véritablement sage pour apprendre le profil d'utilisateur et anticiper ses actions. La liste ci-dessous résume les objectifs de SAGE :

- construire les liens dynamiques dans la base de connaissances hypermédia selon le modèle adaptatif de l'utilisateur particulier ;

• aider l'utilisateur à choisir un lien à suivre parmi tous les liens affichés et non affichés[1]

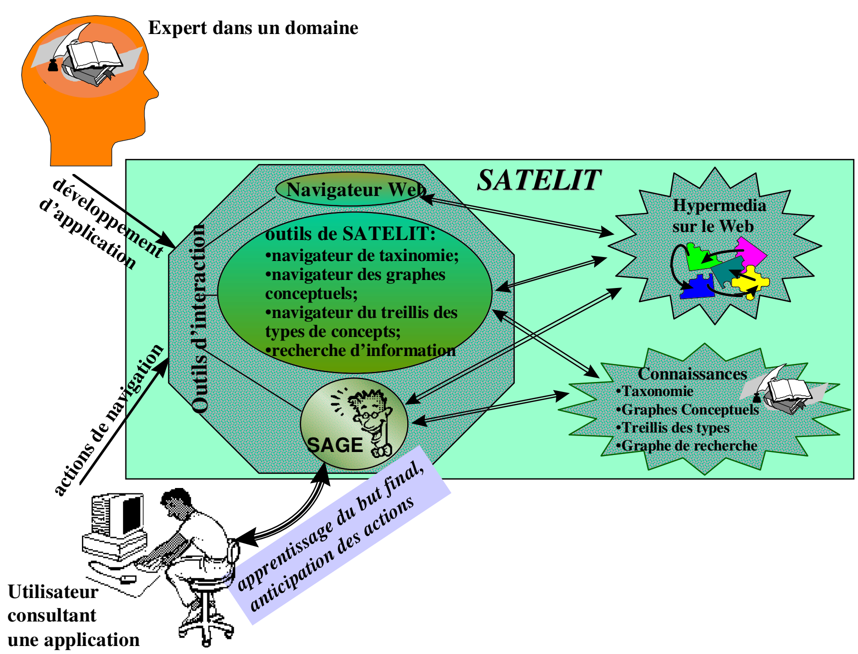
•aider l'utilisateur à composer des requêtes de recherche d'information ;

• filtrer les résultats de travail du moteur de recherche d'information ;

• demander et analyser les rétroactions de l'utilisateur éclaircissant le but final des navigations à la fois pour l'agent et l'utilisateur lui-même.

Nous avons représenté les conseils de SAGE par une icône particulière d'une « tête s'exclamant » apparaissant dans une fenêtre spéciale et suivie d'une liste de lignes interactives. Chaque ligne représente une suggestion d'action : l'utilisateur n'a qu'à choisir une et cliquer dessus, SATELIT va effectuer l'action choisie. Bien sûr, l'utilisateur n'est pas obligé d'accepter ces conseils - il est libre de continuer sa navigations et ses interrogations sans regarder la fenêtre de SAGE et sans tenir compte de ses suggestions.

Ainsi, avec l'ajout de l'agent intelligent SAGE à SATELIT, l'architecture générale du système est la suivante (figure 3.37.) :




[1] les liens dynamiquement construits par SAGE ne sont pas affichés à l'utilisateur

**Figure 3.37.** Architecture de SATELIT avec l'ajout de l'agent SAGE

## 3.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le système hypermédia à base de connaissances taxinomiques SATELIT développé au sein de notre équipe ACASA. Nous avons analysé les divers domaines d'application de SATELIT : particulièrement les domaines des sciences naturelles où les objets sont structurés, c'est-à-dire où l'information représentée est organisée d'une manière taxinomique. Nous avons souligné que de tels domaines ont vivement besoin d'un support informatique hypermédia. Nous avons aussi accentué le fait que la représentation formelles des connaissances dans ces domaines est une tâche complexe en raison de la richesse de l'information représentée, de la multiplicité des critères de classifications possibles et des difficultés des descriptions formelles des objets taxinomiques. Nous avons argumenté ensuite notre choix du formalisme des graphes conceptuels pour la représentation des connaissances taxinomiques, sous-jacentes pour SATELIT et décrit ce formalisme en détail.

Dans la troisième partie de ce chapitre nous avons présenté les composants de la base de connaissances de SATELIT et ses fonctions : un support d'organisation et de mémorisation des informations taxinomiques de domaine, une faculté de manipulation formelle des connaissances acquises sur les objets, des moyens d'accès efficaces aux hypermédias construits et indexés par ses éléments. Nous avons examiné les principaux processus de gestion d'hypermédia maintenus par SATELIT : acquisition de nouvelles connaissances, recherche d'information, identification d'un objet particulier d'un domaine d'application. Nous avons présenté par la suite les outils d'interface de SATELIT et décris ses modes de fonctionnement pour les deux profils d'utilisateurs : un expert dans un domaine quelconque et un novice consultant l'application générée par l'expert à l'aide de SATELIT.

La dernière partie de ce chapitre est consacrée à une justification du fait que SATELIT a vivement besoin d'un assistant intelligent d'interface qui soit capable de distinguer ses utilisateurs, d'observer leurs actions consécutives, d'apprendre leurs buts de navigation et d'anticiper les actions. La présence d'un tel agent est bénéfique pour améliorer et accélérer le processus de navigation.

Dans le prochain chapitre, nous examinons l'environnement de fonctionnement de SATELIT - le Web et analysons différentes classes d'agents intelligents assistant la navigation des utilisateurs sur le Web. Nous présentons également les idées principales de notre approche de construction de l'agent d'interface SAGE et le comparons avec d'autres agents intelligents sur le Web.

# CHAPITRE

# 4

# Agents intelligents sur le Web

Dans le chapitre 2, nous avons présenté la notion d'agents intelligents d'interface doués de la faculté d'apprentissage (§ 2.2.3.), ainsi que les trois types d'apprentissage et d'adaptabilité de tels agents (§ 2.2.4.). Maintenant, nous nous intéresserons plus particulièrement à une classe spéciale de ces agents qui assistent un processus de navigation sur hypermédia d'un environnement spécifique - le World Wide Web, ou tout simplement le Web (ou encore WWW). Nous consacrons la première partie de ce chapitre (§ 4.1.) à la présentation du Web, ses composants principaux et nous soulevons le problème de l'interactivité entre un utilisateur et le fournisseur des services du Web. Nous présentons ensuite une des solutions pour l'amélioration de l'interactivité au sein du Web par une utilisation d'agents intelligents d'interface personnalisant les interactions homme-machine. Nous distinguons deux types principaux d'agents sur le Web - les agents passifs et actifs (§ 4.2.) et proposons ensuite une nouvelle méthode de classification des agents actifs existant sur le Web selon leur sphère d'activité (§ 4.3). En conclusion, nous présentons l'approche qui nous a conduit à créer l'agent SAGE pour le système particulier SATELIT fonctionnant sur Web, décrit dans le chapitre 3, nous dégageons les idées principales de la construction de SAGE et nous le comparons avec les autres agents mentionnés (§ 4.4.).

# 4.1. Présentation du World Wide Web (Web)

## *4.1.1. Un peu d'histoire*

C'est par l'ARPA[1] que tout a commencé dans les années 1960 sur l'ARPANET : une dizaine de machines se connectèrent pour la première fois par le réseau téléphonique avec la technologie des communications par paquet, agrémenté d'une dose d'automatisation. L'idée de ce réseau était la volonté avouée de ne pas avoir de structure centralisée de gestion du réseau, mais de laisser l'autonomie à chacun des noeuds. Dix ans plus tard les scientifiques utilisant ARPANET reçurent la possibilité de s'échanger du courrier électronique, ainsi, le service de *e-mail* était né. Dans le domaine public ce réseau a été repris par les universitaires qui y ont trouvé une occasion de faire des conférences au moyen du courrier électronique. En 1989, ARPANET laisse sa place à Internet, le réseau mondial des ordinateurs avec plus de cent mille machines connectées. Un certain nombre d'entreprises de moyenne taille ou de particuliers passionnés décidèrent de s'associer pour créer des services privés, de là sont nés les fournisseurs privés de connexion Internet. Dès les années 1990 le réseau Internet a commencé son expansion à travers des universités mondiales, des laboratoires de recherche et des grosses entreprises. L'Internet se développe alors à une vitesse exponentielle, de l'ordre de 10 à 20% par mois.

L'outil qui a rendu populaire l'Internet c'est incontestablement le World Wide Web (ou le Web) - la toile d'araignée couvrant le monde entier. En 1989, les chercheurs du CERN (Centre Européen de Recherches Nucléaires) à Genève ont conçu un *navigateur* au travers d'un réseau. Afin d'aider ses collègues utilisant abondamment Internet pour communiquer entre les différents sites de recherches, Tim Berners-Lee eut l'idée d'étendre au réseau mondial d'ordinateurs le concept déjà ancien d'« hypertexte », décrit d'ores et

---

[1] ARPA - U.S. Defence Department's Advanced Research Projects Agency - l'Agence de Projets de Recherches Avancées du Département de la Défense des Etats-Unis

déjà en 1945 par Vannenar Bush, et implémenté en 1986 dans HyperCard par Apple Computer.

Tim Berners-Lee et ses collaborateurs ont utilisé l'environnement Nextstep du Macintosh pour développer le premier navigateur capable d'interpréter un langage HTML [1]. Le concept clé de ce langage réside dans l'utilisation au sein d'une « page » HTML de liens vers d'autres pages HTML, où qu'elles soient sur le réseau. Un utilisateur examinant l'information désormais accessible à tout le monde parcourt les liens à travers le réseau et passe, en quelque minutes, de sa machine à Paris à celle de l'université de Moscou; puis, d'un clic, il écoute quasi instantanément les dernières infos sur sa station radio préférée à San Diego ; il continue en assistant à une conférence vidéo de presse de la NASA et il finit sur le serveur de Las Vegas pour suivre le discours d'ouverture du dernier Comdex, grande messe annuelle de l'industrie informatique. Le navigateur est donc la fenêtre ouverte sur le monde rêvée par Marshall McLuhan (1911-1980) qui, dans une autre vision prémonitoire, envisageait la révolution qu'engendreraient les nouveaux médias en créant un « village planétaire » [Macary et Nicolas, 96]...

De toute façon, nous définissons le Web comme une toile d'araignée de serveurs d'informations reliés les uns aux autres par des liens physiques (le réseau matériel) et des liens logiques (les liens hypertextes) permettant de voyager d'un serveur à l'autre sur le réseau Internet.

A ce jour il existe environ 10 millions de pages Web dans le monde entier sans compter les pages personnelles faites par les utilisateurs passionnés.

### *4.1.2. Eléments du Web*

---

[1] HTML - HyperText Markup Language

La figure 4.1. illustre l'architecture client/serveur utilisé par l'Internet. Le *client* et le *serveur* sont deux processus distincts communiquant à l'aide d'un *protocole* de communication qui transite en général sur le réseau maillé dont la gestion est décentralisée.

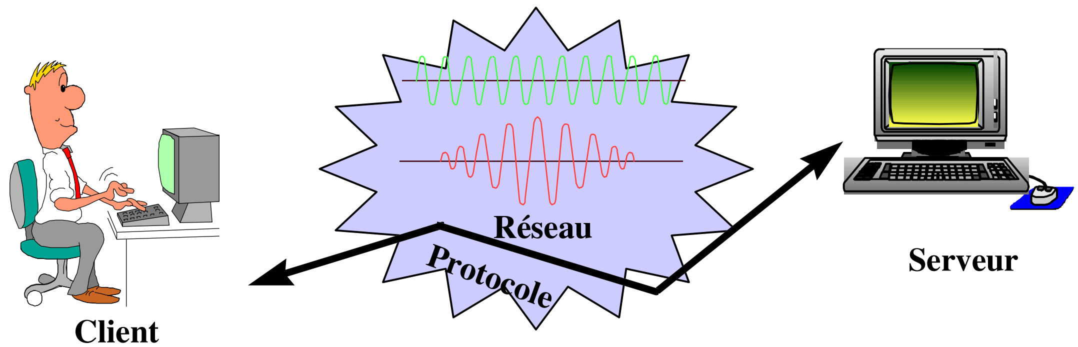



**Figure 4.1.** L'architecture client/serveur utilisée par l'Internet

Après avoir établi une connexion, un client peut dialoguer avec un serveur : composer une requête, l'encoder et la transmettre au serveur. Celui-ci la décode, la traite et éventuellement répond. Le protocole de communication spécifie à son tour des objets de transfert : un ensemble de requêtes et des réponses associées, une sémantique associée à cet ensemble et des règles d'encodages.

La première idée des concepteurs du Web a été de proposer une syntaxe uniforme pour la dénomination des objets disponibles sur Internet. Plus précisément, chaque protocole d'échange de documents offerts au-dessus d'Internet, manipule des entités : *http* (HyperText Transfer Protocol) permet d'échanger des unités hypertextes, *ftp* permet de récupérer des fichiers, les *news* permettent de poster des articles, *gopher* permet de naviguer dans un ensemble de documents structurés, etc. De toute façon, le Web contient trois éléments principaux :

- un système de dénomination des ressources disponibles sur Internet ;
- un protocole d'échange de documents ;
- un langage de composition des documents

Pour uniformiser les coordonnées de ces entités, le système de noms employé par le Web attribue aux objets des *Uniform Ressource Locator*, ou *URL*. Ces URLs sont définis par une syntaxe à plusieurs niveaux. Le premier niveau attribue des espaces de noms séparés en fonction du protocole qui permet de manipuler les objets :

*type_de_protocole : coordonnées sur le serveur dépendant du protocole*

La première partie (type-de-*protocole*) indique le nom du protocole permettant de manipuler l'objet. La seconde partie de l'URL permet de localiser dans cet espace un objet précis. Par exemple, pour le protocole *ftp,* il faut un nom de machine et un chemin de fichier :

*ftp : machine :chemin d'accès*

De même, pour le protocole *http* il faut un nom de machine serveur et un chemin d'accès à un fichier du format spécifique *html* :

*http ://www-lip6.fr/~akoul/satelit/user.html*

Le langage *HTML* (HyperText Markup Language) permet de composer des documents hypertextes. Il est défini à partir d'un langage SGML. Outre les divers éléments de structuration de documents, tels que les en-têtes, les différentes formes de listes etc., ce langage définit un élément particulier, relatif à l'hypertexte, *l'ancre*, qui permet de référencer un autre objet, pourvu qu'il soit désigné par un URL. Plus précisément, une ancre, identifiée dans un document par le marqueur A, admet un attribut HREF, dont la valeur doit être URL valide. Ainsi, dans un document on pourra trouver, par exemple :

<A HREF="http://www-lip6.fr">Laboratoire LIP6</A>

qui indique que l'on référence le document désigné par l'URL http ://www-lip6.fr. Lorsqu'un utilisateur consultera ce document, le texte « Laboratoire LIP6 » s'affichera dans une police de caractères spéciale, indiquant à l'utilisateur qu'il s'agit d'un lien. Quand il cliquera dessus, le lien sera activé : le document correspondant sera rapatrié et affiché à la place du document courant.

Ainsi, on dit qu'un objet décrit par le langage HTML compose une *page* Web (ou un document Web) avec une adresse URL. Une telle page, une analogie d'un noeud traditionnel des systèmes hypermédias, peut contenir des liens de différentes natures, par exemple, les ancres menant vers d'autres pages Web, les adresses du courrier électronique, les services de transfert de fichiers, etc.

Comme les autres systèmes distribués, le Web distingue les serveurs, responsables de la diffusion des documents, et les clients, qui permettent d'interagir avec ces serveurs (figure 4.2.). On peut noter l'économie d'interface homme-machine réalisée par l'emploi d'un seul client pour accéder à l'ensemble des ressources Internet.

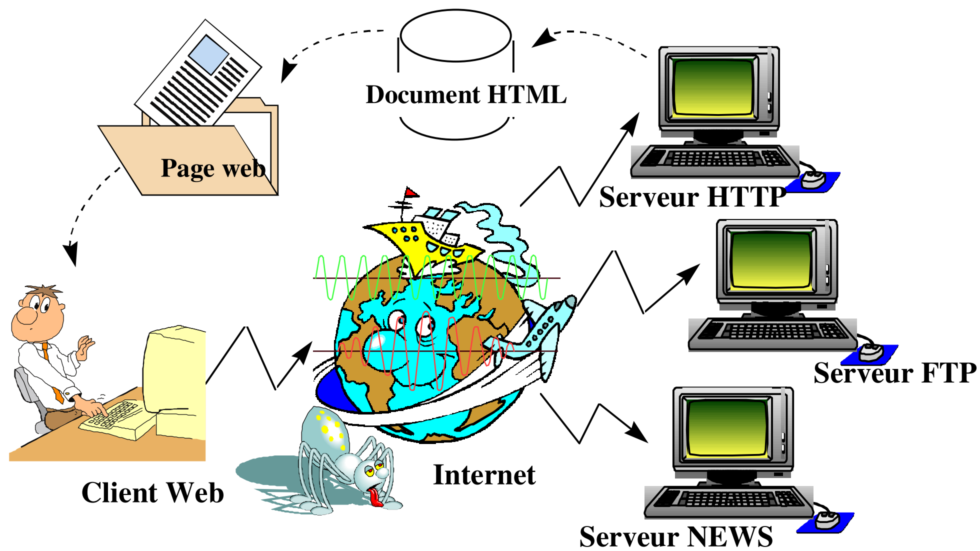



**Figure 4.2.** Communication d'un client Web

En résumé, les apports majeurs du Web sont :

• une interface graphique commune pour accéder à tous les services disponibles sur Internet ; on n'a donc plus besoin d'un outil par service (ftp, e-mail, etc.) ;

• un système de navigation hypertexte pour se déplacer de manière transparente d'information en information.

### *4.1.3. L'interactivité des navigateurs*

Mosaic, Netscape Navigator, Internet Explorer sont des navigateurs sur le Web, mais ils ne permettent qu'une illusion de l'interactivité. En utilisant HTML, ils mettent en vie les liens hypertextes sur lesquels clique l'utilisateur. Les navigateurs parcourent le réseau, récupèrent ou téléchargent les données qui « se cachent » derrière ce lien et les mettent en forme sur l'écran d'ordinateur. Ce n'est qu'une illusion d'interactivité dans le sens où ces navigateurs ne sont que des logiciels de communication récupérant et affichant des données.

Le problème des premiers navigateurs venait du fait qu'ils n'étaient capables d'afficher des données formatées que dans un nombre limité de formats. Les moteurs d'interprétation de ces formats étaient codés « en dur » dans le navigateur, ce qui devenait limitatif, car à chaque fois qu'apparaissait un nouveau protocole ou une nouvelle manière d'afficher les données, il fallait mettre à jour son navigateur. Netscape permet cependant l'apport d'extensions - programmes permettant d'interpréter de nouveaux formats de données, comme par exemple le format VRML pour l'affichage en trois dimensions. Le problème est que ces extensions nécessitent un téléchargement et une installation préalables ; si l'utilisateur n'en dispose pas, il ne verra qu'un grand carré vide sur l'écran au lieu des images en trois dimensions. Ainsi, la véritable interactivité viendra en fait d'une personnalisation en temps réel de l'environnement, où l'utilisateur disposera de l'interface adaptée à ses besoins courants.

C'est surtout un développement révolutionnaire, connu sous le nom « Java », qui aujourd'hui change radicalement les perspectives d'interactivité au sein du Web. L'idée de départ de Sun qui a lancé cette nouveauté, est d'intégrer des petits bouts de logiciels qui seront exploités sur l'ordinateur de l'utilisateur pour rendre cette page « dynamique » : cela peut signifier que des éléments graphiques changent d'allure, se déplacent, que certaines « réactions » sont prévues à un clic de souris, etc. La grande nouveauté est donc de déplacer le contrôle de l'interactivité des serveurs vers les clients, vers les machines des utilisateurs qui sont utilisées pour surfer sur le Web. De par la structure même du langage de programmation Java, les nouveaux navigateurs permettent le téléchargement des « applets », logiciels précompilés, qui peuvent alors interpréter différemment les données téléchargées pour produire ces effets d'animation et de la véritable interactivité en fabriquant un dialogue homme-machine autrefois impossible. Ainsi, dans les navigateurs de la première génération le principe était le suivant (figure 4.3.) :

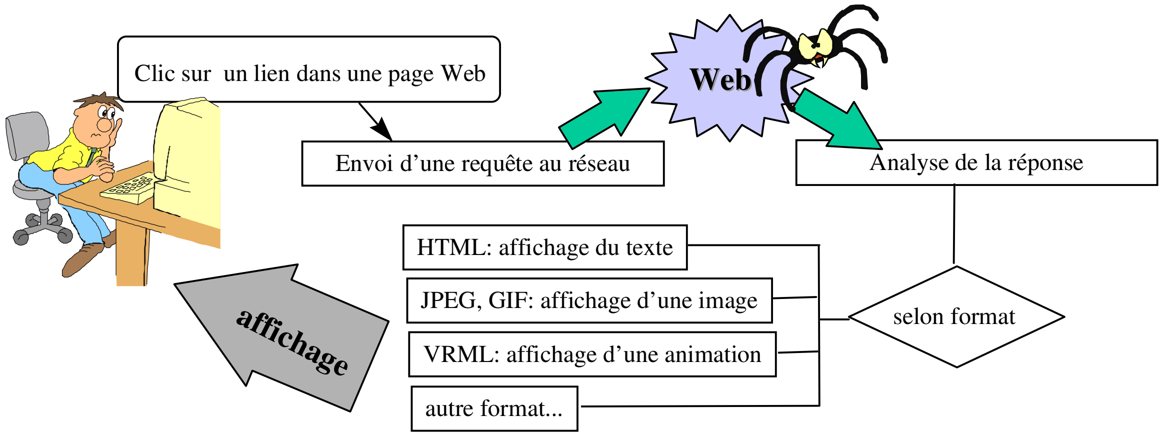



**Figure 4.3.** Fonctionnement d'un navigateur de première génération

Quoique très simple, ce mécanisme surchargeait nettement la taille des navigateurs, en les obligeant d'implémenter dans leur code les différents protocoles existants de manipulation de données. Avec Java, le principe de fonctionnement du navigateur est désormais le suivant (figure 4.4.) :

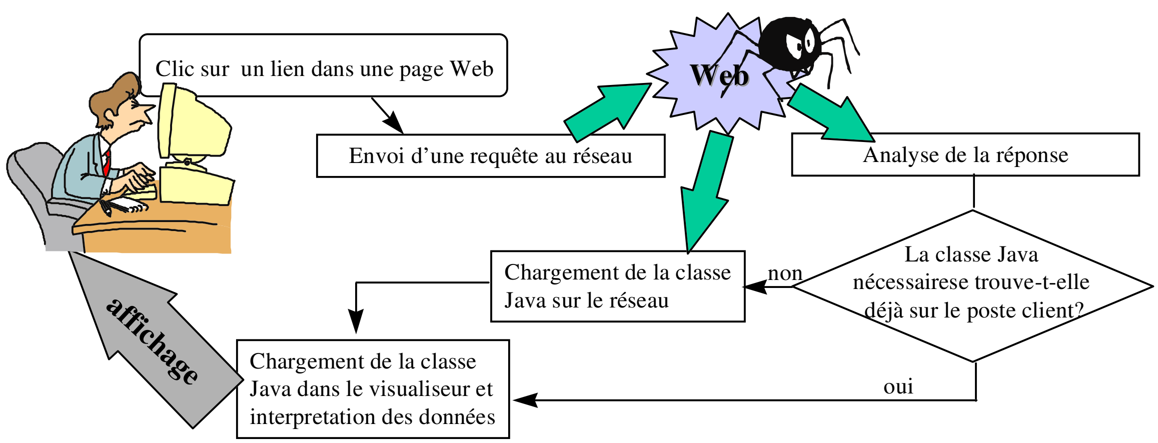



**Figure 4.4.** Fonctionnement d'un navigateur Java

De toute façon, si à l'époque « avant Java » chaque système informatique était composé de matériel et de logiciel, désormais une nouvelle génération de solutions informatiques va être offerte à tout le monde ; quelle que soit la technologie matérielle disponible, il suffit d'avoir accès à l'Internet et de posséder un navigateur Web ayant la possibilité d'interpréter le langage Java.

Difficile de prévoir l'importance finale du phénomène Java. Certains ne veulent lui accorder qu'un rôle secondaire tandis que d'autres le voient bousculer la logique même du marché du logiciel micro [Vandeginste, 96]. Car Java ne se contente pas d'emprunter le canal d'une page Web pour délivrer du logiciel. Il le fait en faisant oublier toutes les difficultés actuelles des applications micro : incompatibilité entre ordinateur et systèmes d'exploitation, installations pénibles, multiples versions successives...tout cela disparaît. Ce que promet Java à un utilisateur potentiel, c'est de pouvoir entrer en interaction de manière très variée et toujours renouvelée depuis son ordinateur avec l'informatique du monde entier.

Mais maintenant, dans ce nouveau monde d'information universelle disponible à tout moment et par tout le monde sans frontières et limites, un nouveau problème important surgit : comme s'y retrouver, comment savoir rechercher une information nécessaire, comment apprendre à conduire dans cette énorme « route sans fin » ? Il est clair que les utilisateurs ont besoin d'assistants, de logiciels qui agissent en coulisses, observent, apprennent et comprennent les besoins de leurs maîtres, qui proposent au lieu de demander et qui, à l'occasion, prennent des initiatives. Les agents intelligents d'interface entrent alors dans l'arène du Web et commencent à prouver leur utilité et leur efficacité.

## 4.2. Agents passifs et actifs sur le Web

Comme nous l'avons déjà présenté, les agents intelligents qui sont capables d'apprendre des buts, des préférences, des connaissances et des stratégies de navigation d'utilisateur, peuvent aider à adapter un hypermédia à un utilisateur particulier. Ainsi, selon Ted Selker [Hermans, 96] qui exprime bien cette notion, « un agent est un logiciel qui sait comment il faut faire des affaires comme vous les feriez probablement vous-mêmes si vous en aviez le temps ». Apprenant le comportement d'un individu particulier, ses habitudes et ses intérêts, un tel agent devient son assistant personnel indispensable - il range le courrier électronique de l'utilisateur [Maes, 94], remplit son agenda de rendez-vous [Mitchell et al., 94], l'aide à apprendre des langages de programmation [Selker, 94], maintient des conférences virtuelles multimédias [Riecken, 94] etc. Mais il existe un domaine particulier où la présence d'un tel assistant intelligent devient non seulement désirable, mais vraiment indispensable - c'est Internet, et plus précisément, l'environnement du Web.

De nos jours, au cours des cinq dernières années, l'Internet et le Web se sont fortement développés. Selon une étude [Bray, 96], l'Internet s'est enrichi de 617 mille serveurs en octobre 1991 à plus de 10 millions serveurs en janvier 1996 et plus de 50 millions de pages Web étaient déjà disponibles en novembre 1995. Cette croissance explosive du Web a suscité un besoin crucial d'interfaces adaptatives en raison de la complexité, de la richesse d'information et du vaste éventail d'utilisateurs de cet environnement. Mais la plupart des utilisateurs ne savent pas si l'information potentielle existe, où elle se trouve, comment la recevoir, ni comment utiliser l'information retrouvée. En plus, souvent ils ne sont même pas capables de formuler clairement leurs buts de recherche et préfèrent naviguer sur le Web « au hasard », en espérant tomber sur une page qui les intéresse. Face à la multiplicité des liens qui peuvent être choisis l'utilisateur « se perd » facilement dans l'espace de navigation. Les agents intelligents peuvent donc venir à leur secours et accomplir plusieurs tâches sur le Web : apprendre un profil d'utilisateur et le guider ensuite dans l'espace du réseau multidimensionnel, retenir les préférences de l'utilisateur et lui proposer des pages intéressantes à visiter, l'aider à chercher l'information nécessaire, à s'orienter dans l'hyper-espace, etc. On voit donc que le point de vue sur le Web est en pleine mutation : envisagé jadis comme « une boite remplie de liens » il est maintenant considéré de plus en plus comme une « société d'agents » dans laquelle chaque agent est responsable de ses propres tâches et se dirige par sa propre expertise pour mieux satisfaire l'utilisateur concret [Lieberman, 96].

Nous distinguons deux classes principales d'agents d'interface qui assistent le processus de navigation sur le Web - les agents actifs et passifs[1].

Les *agents passifs* utilisent des techniques traditionnelles d'indexation et de recherche conventionnelle. De tels agents, comme par exemple, Yahoo, Lycos ALIWEB [Koster, 94] ou WebCrawler [Pinkerton, 94], traitent le Web comme une vaste base de données qui peut être indexée et cataloguée. L'interface de tels agents est de mode classique « question - réponse », où les utilisateurs doivent exprimer leurs buts de navigation, comme une demande précisément formulée sous forme de mots clés, l'envoyer à l'agent puis attendre le résultat. L'utilisation des agents passifs ne supprime pas les difficultés de recherche de l'information pertinente. Ces agents produisent des index couvrant le plus grand nombre de pages Web possibles. A cause de la taille énorme du réseau, ils retournent un nombre volumineux de pages pertinentes à une simple requête. L'utilisateur est obligé de passer un temps considérable à fouiller cette liste pour retrouver l'information nécessaire. D'autre part, la seule utilisation des mots-clés pour une recherche de pages pertinentes est une approche limitée. Les agents passifs ne trouveront jamais des pages intéressant l'utilisateurs si elles ne contiennent pas les mots mentionnés dans la requête formelle, même si elles possèdent des mots synonymes ou liées aux pages retrouvées pour d'autres raisons. Ils ne prennent donc pas en compte la structure et les liens entre documents, qui apportent aussi une information importante. Finalement, les agents passifs n'apprennent rien à partir des activités de navigation d'utilisateur et n'ont aucune autonomie dans les actions. Dans de nombreux cas, c'est l'analyse de la séquence des pages parcourues par l'utilisateur et les connaissances associées à ces pages, qui peuvent permettre de cibler les besoins informatiques de l'utilisateur.

Les *agents actifs*, par contre, sont des agents intelligents capable d'apprendre les intentions d'utilisateurs particuliers naviguant sur le Web, d'intervenir dans le processus de manière autonome et de suggérer les actions suivantes selon un modèle d'utilisateur

---

[1] Dans le sens pur aristotélicien, un agent est toujours actif car il effectue une action. Nous utilisons tout de même la notion d'agent passif pour désigner un agent non-autonome, sans faculté d'apprendre à partir des activités de l'utilisateur.

construit au fur et à mesure de l'apprentissage. Le cycle de travail d'un agent intelligent sur le Web est montré par la figure 4.5. (les actions de l'utilisateur sont représentées en ronds, les activités de l'agent sont démontrées par des étoiles).

Cette figure met en évidence le déroulement du processus de l'assistance par l'agent : l'utilisateur effectue les actions de navigation sur le Web, l'agent les observe, analyse et construit un modèle de cet utilisateur (ou raffine un modèle déjà présent au cas où celui-ci existe), et dès qu'il voit l'embarras de l'utilisateur à choisir une action suivante, il intervient, propose ses suggestions et continue à surveiller les actions suivantes. Si l'utilisateur exprime ensuite, explicitement ou implicitement, ses satisfactions ou son mécontentement en guise de réponse aux suggestions, cela fournit de nouvelles connaissances à l'agent pour construire un modèle d'utilisateur plus pertinent.

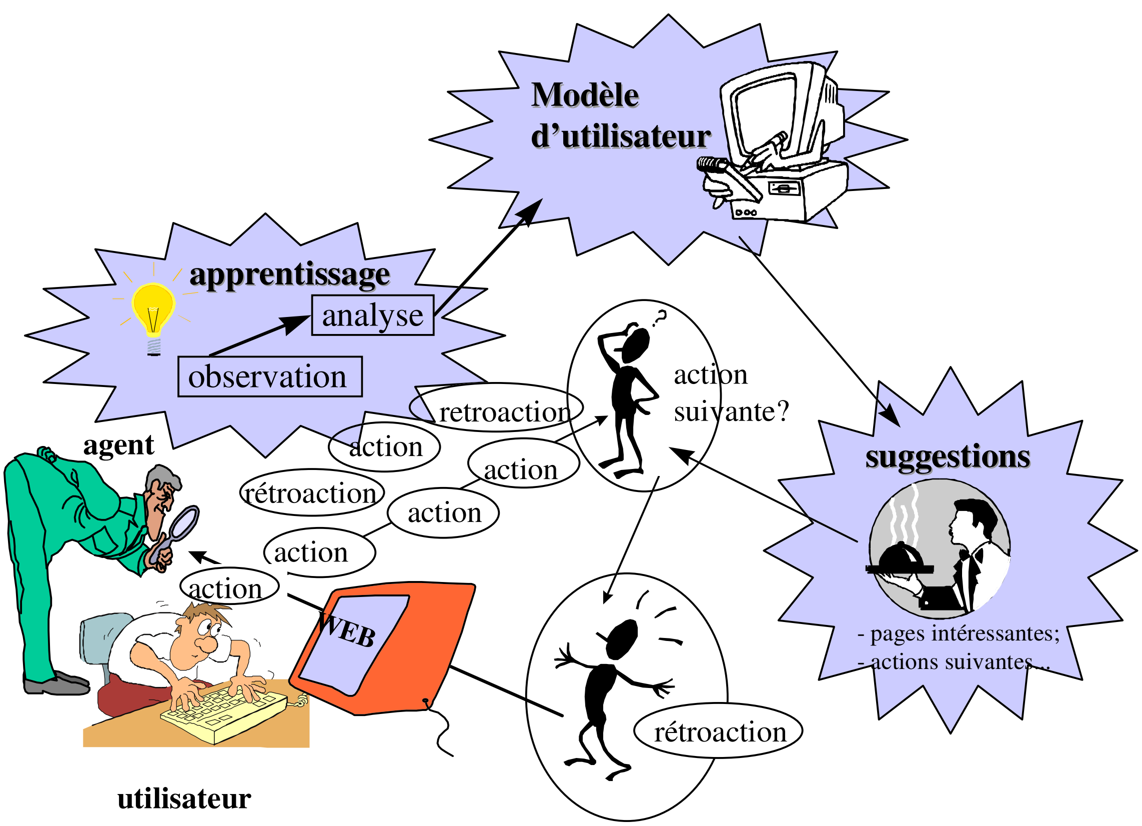



**Figure 4.5.** Cycle de travail de l'agent intelligent fonctionnant sur le Web

La figure 4.6 ci-dessous résume les différents modes d'interactions avec les agents passifs (partie gauche de figure 4.6) et actifs (partie droite de figure 4.6). L'utilisateur 1 interagit avec les agents passifs de manière *explicite*, tout en adoptant le paradigme de l'interface centrée sur l'utilisateur - il construit lui-même la requête et l'agent ne fait que chercher l'information correspondante. Par contre, les interactions avec les agents actifs alternent les activités explicites et « muettes » de l'utilisateur 2 - elles sont « *muettes* » dans le sens où l'utilisateur 2 n'interroge pas directement l'agent ou qu'il ignore ses suggestions ; et elles sont *explicites* dans le cas où l'utilisateur 2 effectue sa tâche directe de navigation sur le Web, ou il instruit l'agent, ou il envoie des rétroactions à l'agent.

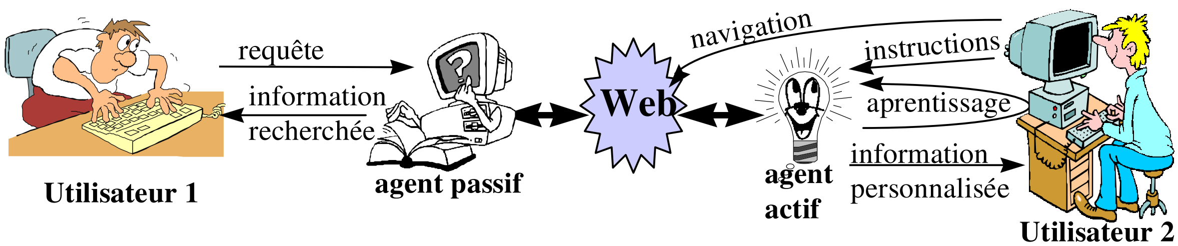



**Figure 4.6.** Interactions de l'utilisateur avec les agents passifs et actifs

A la suite de cette thèse nous omettons le mot « actif » en parlant des agents assistant le processus de navigation sur le Web, chaque fois que nous allons utiliser le mot « agent » il s'agira d'agents actifs, si cela n'est pas mentionné explicitement.

## 4.3. Classification des agents actifs selon leur sphère d'activité

De nos jours, il existe déjà un grand nombre d'agents actifs assistant le processus de navigation sur le Web. Ils se distinguent les uns des autres par le but de leur assistance, leurs différentes méthodes de construction, leurs techniques d'apprentissage utilisées. Nous proposons ci-dessous une méthode originale de classification des agents actifs sur le Web selon leur sphère d'activité puis selon le but d'assistance pour chaque type (figure 4.7.). Nous distinguons donc trois types constitutifs :

1. agents tenant compte de tout l'hyper-espace disponible sur le Web (pratiquement illimité),

2. agents prenant en considération un sous-espace du Web limité à une « vue personnalisée » de l'utilisateur, et

3. agents fonctionnant dans un espace restreint du Web, celui limité à une application particulière développée sur le Web.

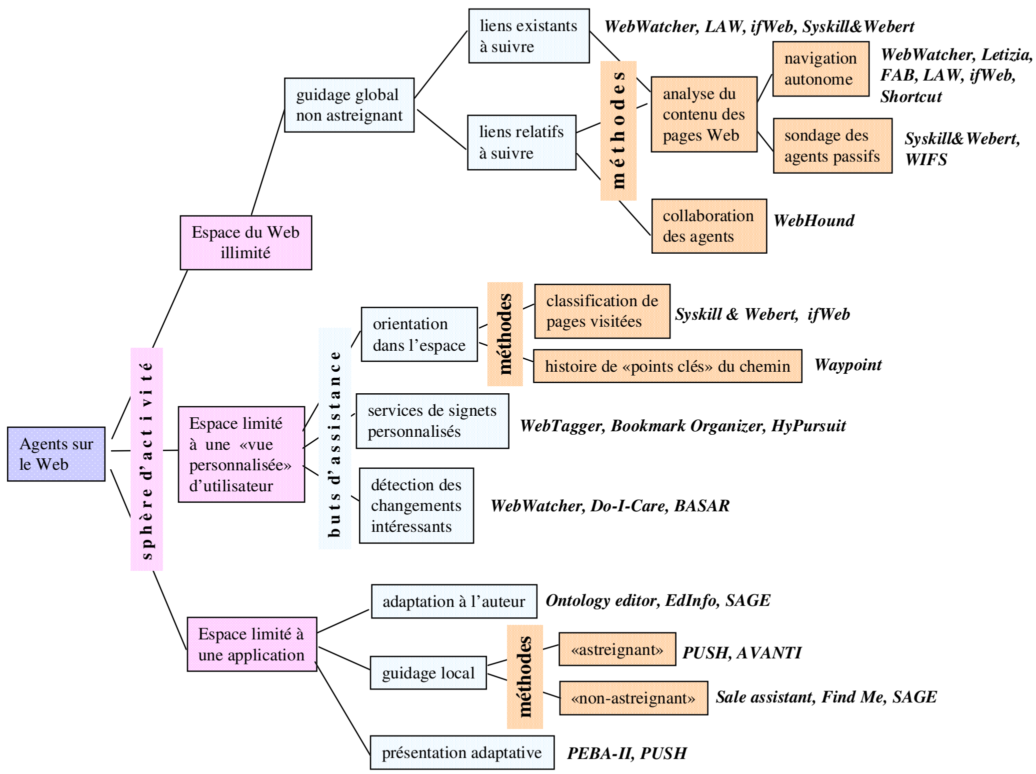



**Figure 4.7.** Classification des agents actifs fonctionnant sur le Web

## *4.3.1. Agents dont la sphère d'activité n'est pas limitée*

Les agents dont la sphère d'activité est illimitée offrent à l'utilisateur naviguant sur le Web un guidage local en lui suggérant de nouveaux chemins d'exploration dans tout l'hyper-espace. Ils peuvent proposer à l'utilisateur deux types de conseils : soit choisir certains liens parmi les liens présents et visibles sur la page courante explorée par l'utilisateur à un moment donné (dans ce cas, ils soulignent ces liens prometteurs) ; soit « découvrir » les pages relatives à la page courante et afficher à part les liens correspondants.

Pour guider l'utilisateur ces agents utilisent deux méthodes principales : l'analyse du contenu des pages visitées et la collaboration avec d'autres agents. Les agents analysant le contenu des pages essaient d'anticiper l'action suivante de l'utilisateur soit en effectuant une exploration de liens d'une manière concurrente et *autonome*, en prenant comme point de départ la position actuelle de l'utilisateur, soit en sondant des agents passifs du Web. Ces approches ont leur avantages et leur inconvénients, nous les analysons ci-dessous en donnant des exemples concrets.

#### *4.3.1.1. Agents de la navigation autonome*

L'approche basée sur l'analyse de contenu des pages Web a ses racines dans la communauté de recherche d'information[1] (RI) et emploie beaucoup de ses techniques. Pour créer des exemples d'apprentissage à partir d'observations des actions de navigation de l'utilisateur, de tels agents combinent les méthodes traditionnelles de recherche d'information avec les techniques d'apprentissage symbolique.

L'idée générale de la construction des suggestions pour visiter de nouvelles pages Web est basée sur une comparaison entre leur contenu et le modèle d'utilisateur construit. Les connaissances nécessaires pour la construction du modèle d'utilisateur sont extraites des textes analysés des pages Web déjà visitées. Chaque agent va utiliser une méthode différente pour estimer les mots discriminants dans les textes analysés, souvent à base de l'utilisation du modèle de vecteurs. Ces mots discriminants pondérés forment le modèle d'utilisateur en désignant son profil. Une fois le profil d'utilisateur et les pages examinées représentés, les agents utilisent différentes techniques d'apprentissage symbolique pour retrouver les pages correspondant le plus possible au profil inféré. Souvent, pour renforcer certains mots dans le

---

[1] En anglais : information retrieval (IR)

profil d'utilisateur, les agents exigent de l'utilisateur différentes formes de rétroactions pour leurs suggestions.

Bien que tous les agents de cette classe naviguent d'une manière autonome sur les pages Web et construisent des vecteurs de fréquence des termes explorés par l'utilisateur, leur niveau d'autonomie, la nature de leur rétroactions et leurs techniques d'apprentissage varient beaucoup d'un agent à un autre. Considérons quelques exemples.

Pour prédire les actions de navigation, l'agent Letizia [Lieberman, 95] analyse le temps de lecture d'une page Web, les liens « sautés » (non explorés par l'utilisateur), d'autres liens restés à parcourir dans cette pages et les pages jugées intéressantes et sauvegardées par l'utilisateur dans un Bookmarks. Letizia fonctionne de manière complètement autonome, sans aucune corrélation avec l'utilisateur. Il n'analyse donc pas les rétroactions de l'utilisateur en réponse à ses propositions, ainsi il se trouve privé d'une source importante d'acquisition de nouvelles connaissances (§ 2.2.3.1.). Son autre particularité est une capacité d'expliquer ses suggestions, ce qui augmente en pratique la confiance de l'utilisateur.

L'agent WebWatcher [Armstrong et al., 95], par contre, n'est pas complètement autonome, il exige de l'utilisateur une déclaration explicite d'un « but de recherche », ce qui est souvent une tâche difficile pour un individu ne sachant la définir clairement. L'agent cherche des termes discriminants pour construire un modèle d'utilisateur et trouver des liens les plus prometteurs sur la page courante que l'utilisateur explore actuellement. Pour cela WebWatcher construit un vecteur de 530 traits booléens extraits de quatre champs : le premier est composé de termes extraits de la déclaration d'utilisateur, les trois derniers contiennent les termes et les traits extraits des documents Web : emplacement des liens, rapports des unités textuelles des pages, et façon dont les autres utilisateurs ont exploré ces unités dans le passé. Le but de l'agent est de comparer le vecteur représentant le but courant d'utilisateur avec les vecteurs décrivant tous les liens de la page explorée à un moment donné. A chaque terme des deux vecteurs est associé un poids calculé selon l'heuristique

TFIDF[1] (§ 5.2.2), qui attache le plus grand poids au terme apparu le plus fréquemment dans une portion de texte. Ensuite WebWatcher utilise une technique parmi plusieurs, comme MATCH, winnow, wordstat[2] et random[3] (expliqués en détail dans [Armstrong et al., 95]), pour le calcul de la similarité entre le vecteur d'intérêt de l'utilisateur et celui de la description des hyper-liens. Après avoir inféré ses suggestions, WebWatcher change le contenu de la page courante (figure 4.8.).


**Figure 4.8.** Une page Web munie des suggestions de WebWatcher

Les changements des pages Web faits par WebWatcher sont triples. Premièrement, il ajoute un menu spécialisé (en haut de la page Web représentée sur la figure 4.8.), par lequel l'utilisateur peut communiquer avec l'agent - renvoyer des rétroactions (de deux types seulement - terminer la recherche parce que « le but est atteint » ou parce qu'au contraire

---

[1] en anglais : term frequency inverse document frequency
[2] en anglais : word statistics ; statistique de mots
[3] en anglais : au hasard

« le but n'a pas été trouvé »), demander d'annoter chaque lien sur une page donnée quant à sa fréquentation par d'autres utilisateurs, interroger l'agent sur les pages similaires à la page courante, lui demander d'envoyer un e-mail au cas où il y aurait des changements de cette page. Deuxièmement, WebWatcher ajoute une liste de nouveaux liens menant vers les pages qui peuvent intéresser l'utilisateur (dix liens au centre sur la figure 4.8.). Finalement, il souligne certains liens de la page courante, les plus prometteurs à son avis, en introduisant un icone représentant des yeux intéressés (deux icones en bas de la page sur la figure 4.8.).

Pour rechercher les pages similaires à la page courante (si l'utilisateur le demande explicitement à partir du menu incorporé), WebWatcher traite le Web comme un graphe qui peut être parcouru à partir de certaines heuristiques selon lesquelles deux pages sont similaires lorsqu'une troisième page possède des liens menant à elles deux. La technique d'une telle recherche repose sur le choix d'une page de références, ce qui exige qu'une recherche préliminaire par catalogue ait été faite.

Les résultats présentés dans [Joachims et al., 97] ont montré que sur 20.8% de pages visitées WebWatcher a été capable de souligner au moins un hyper-lien, ce qui peut être jugé comme une couverture[1] des suggestions par l'algorithme utilisé. Sur 43.9% de ces cas l'utilisateur a accepté les suggestions, ce qui définit la précision[2] de l'algorithme. Pour la comparaison, les auteurs de WebWatcher ont demandé à des experts humains de jouer le rôle d'un agent de navigation et de donner des conseils quant aux meilleurs choix de liens. Les experts humains étaient familiers avec la page Web de départ et les pages voisines. La précision des experts a été 47.5%, ce qui est juste un peu mieux celle de l'agent.

Un axe de recherche de l'équipe développant WebWatcher est d'augmenter la précision de ses suggestions par l'utilisation d'apprentissage par renforcement et par combinaison de plusieurs autres algorithmes d'apprentissage [Joachims et al., 97]. L'idée de

---

[1] en anglais : coverage

[2] en anglais : accuracy. Le terme anglais *accuracy* s'applique à la mesure de precision en Apprentissage tandis que le terme anglais precision s'applique à la mesure de *precision* en Recherche d'Information. Ici on parle de différents algorithmes d'apprentissage.

l'apprentissage par renforcement est d'appliquer les méthodes de Q-apprentissage[1] aux vecteurs de termes pondérés extraits du contenu de la page Web. Le poids d'un terme est sa valeur TFIDF réduite de manière exponentielle selon la distance à partir de la page examinée (c'est-à-dire le nombre de liens qui doivent être parcourus afin d'arriver à cette page). L'agent utilise ainsi le Q-apprentissage pour regarder à travers le Web et retrouver les pages qui mènent le plus vite possible vers les pages d'intérêt de l'utilisateur. Les premiers résultats d'utilisation de l'algorithme de Q-apprentissage montrent que la précision de l'agent est de 44.5%, ce qui est significativement mieux par rapport à d'autres méthodes de construction de suggestions. D'autre part, les auteurs ont essayé de combiner les prédictions de tous les algorithmes utilisés et ont reçu la précision de 49.0% dépassant ainsi les performances de chaque méthode individuelle.

Un autre agent d'analyse du contenu des pages, LAW [Edwards et al, 96], construit des « profils de liens » et des « profils de pages » à partir de ses observations, c'est-à-dire qu'il modélise les types de liens et les types de pages que l'utilisateur explore normalement. Les observations se présentent sous la forme de textes HTML visités et d'actions exécutées sur ces textes par l'utilisateur - sauvegarder une page dans les Bookmarks, imprimer une page, etc. D'abord les termes extraits du texte d'une page sont pondérés sur la base des mesures traditionnelles d'analyse de texte, comme TFIDF, TF[2] et TR[3]. Chaque lien est ensuite représenté par quatre champs de termes ayant les poids les plus élevés plus un cinquième champ contenant une estimation de l'agent si ce lien a intéressé l'utilisateur. Une telle représentation sert d'exemple d'apprentissage pour inférer le « profil » des liens explorés habituellement par l'utilisateur. Ces exemples sont traités par différentes techniques d'apprentissage symbolique, comme par exemple IBPL1(une extension de la méthode MBR[4]) - un algorithme à base de comparaison de cas, et C4.5 - un algorithme d'induction des règles. De nouveaux liens extraits sont classifiés et rangés selon des « profils » des liens inférés, c'est-à-dire, selon les mesures d'intérêt pour un utilisateur particulier. LAW, tout

---

[1] en anglais : Q-learning
[2] en anglais : term frequency - fréquence de termes
[3] en anglais : term relevance - pertinence de termes
[4] en anglais : Memory-Based Reasoning - l'équivalent en français est RpC, Raisonnement à partir de Cas

comme WebWatcher, assiste l'utilisateur de deux façons : il suggère les liens à explorer sur la page Web consultée à un instant donné, et il cherche d'une manière autonome d'autres pages Web qui peuvent intéresser l'utilisateur.

Les expérimentations avec LAW [Green et al., 95] ont montré que la couverture, c'est-à-dire, le pourcentage des exemples que l'agent a été capable à classer, est de 35% à 60% ; et la précision, c'est-à-dire le pourcentage de cas qui ont été classés correctement, est de 60% à 85%. Notons que ces résultats dépendent de la fréquence de visite des pages par l'utilisateur ou de l'exécution de certaines actions (impression par exemple), des caractéristiques qui rendent une page « intéressante ». Effectivement, si l'utilisateur n'exécute pas assez d'actions sur les pages, l'ensemble d'exemples d'apprentissage n'est pas de bonne qualité, et la couverture, ainsi que la précision, sont toutes les deux très petites.

Lira [Balabanovic et Shoham, 95], un autre agent de ce type, extrait aussi des termes à partir d'une page Web et construit de nombreux vecteurs de traits d'apprentissage pour la recherche de pages intéressantes pour l'utilisateur. Contrairement à Letizia, Lira analyse les rétroactions de l'utilisateur, en l'obligeant à évaluer explicitement la liste de suggestions selon l'échelle de onze points de pertinence. L'heuristique de la recherche « premier d'abord »[1] est utilisée pour retrouver les documents sur le Web à proposer à l'utilisateur, cette heuristique changeant au fur et à mesure des rétroactions de l'utilisateur. Aux nouveaux utilisateurs Lira présente des pages sélectionnées au hasard, et, en se basant sur les rétroactions reçues, il ajuste les paramètres d'apprentissage pour essayer d'inférer le profil de l'utilisateur. Lira estime les poids des termes dans les pages visitées selon la technique de TFIDF et construit un modèle du profil d'utilisateur. Pour prédire les nouveaux liens à suivre, Lira utilise une comparaison du vecteur représentant le profil d'utilisateur avec le vecteur décrivant la page vers laquelle mène un lien examiné. Cette méthode d'apprentissage est semblable à la technique MATCH utilisée par WebWatcher, la différence étant que Lira ajuste le vecteur représentant le profil d'utilisateur après chaque rétroaction de l'utilisateur.

---

[1] en anglais : best-first search heuristic

Tous les agents de navigation autonome examinés jusqu'à présent utilisent des techniques similaires à la représentation des connaissances dans les modèles d'utilisateurs : de simples listes de mots clés. Par conséquent, l'algorithme d'évaluation de pertinence de la page par rapport au modèle d'utilisateur est basé sur une comparaison des mots clés. L'agent ifWeb [Asnicar et Tasso, 97] se base sur un autre algorithme : il analyse l'historique des navigations en construisant un réseau sémantique pondéré. Les noeuds de ce réseau correspondent aux termes extraits des pages visitées et les liens relient les termes apparus ensemble dans les pages. Les poids dans le réseau sémantique représentent les « niveaux d'intérêt » de l'utilisateur à certains termes. L'utilisateur renvoie des rétroactions implicites - positives (la page a été intéressante) ou négatives (non intéressante), après quoi l'agent recalcule les poids dans le réseau et, par conséquent, modifie le modèle d'utilisateur. Une fenêtre spéciale contient les suggestions de ifWeb ainsi que l'information sur une position actuelle de l'utilisateur dans l'hyper-espace examiné. Une structure arborescente présente cette information correspondant aux hyper-liens explorés et non explorés par l'utilisateur. Les deux types de liens (explorés et non explorés) sont classés et représentés par les mêmes icônes : « + » signifie l'intérêt, « = » - indifférence, « - » - « non intérêt », « ? » veut dire « analyse non faite », « STOP » exprime l'arrêt de l'analyse pour ce lien (figure 4.9.) :

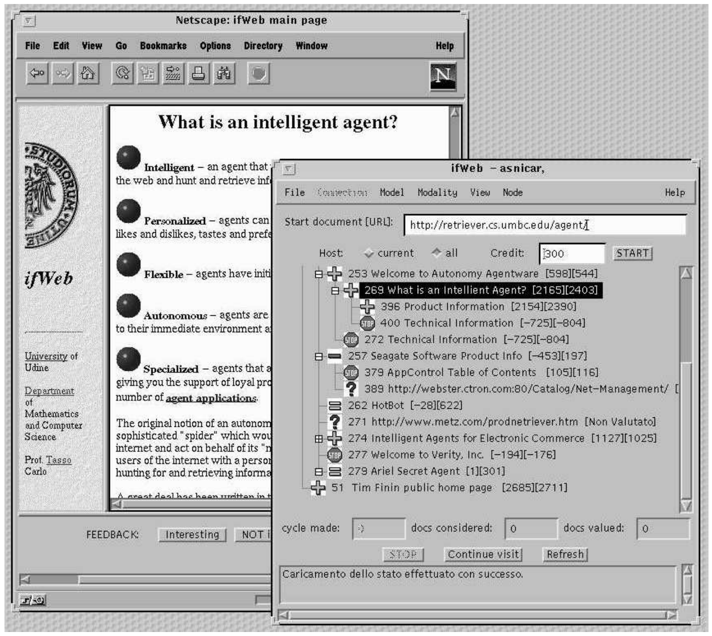



**Figure 4.9.** Interface de ifWeb - classification de liens parcourus par l'utilisateur et de suggestions de l'agent

Syskill&Webert [Ackerman et al., 97] est aussi basé sur l'analyse du contenu des pages visitées. Cet agent prend comme page de départ d'apprentissage une page d'index construite manuellement par l'utilisateur pour un sujet particulier. L'agent exige des rétroactions explicites - l'utilisateur est obligé de classer en échelle de trois « points d'intérêts » d'abord la page initiale d'index et ensuite les pages visitées : deux doigts montés - « ce lien m'intéresse » ; deux doigts baissés - « ce lien ne m'intéresse pas » ; et un doigt monté un doigt baissé - « je ne sais pas » (figure 4.10.). Syskill&Webert utilise ces classifications explicites pour apprendre le profil de l'utilisateur et suggérer les liens inexplorés sur la page courante examinée. Il ajoute à côté des liens non classés par l'utilisateur deux autres types d'icônes : l'une d'elles, représentée par un visage souriant, suggère de visiter la page, et l'autre, symbolisée par un panneau d'interdiction, conseille de ne pas explorer le lien (figure 4.10.).

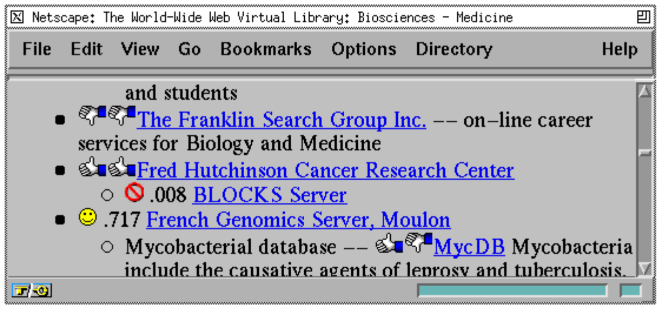



**Figure 4.10.** Interface de Syskill&Webert - suggestions de l'agent et rétroactions de l'utilisateur

Les auteurs de Syskill&Webert ont testé et comparé cinq différents algorithmes d'apprentissage du profil d'utilisateur : le classificateur Bayesien, le « plus proche voisin », PEBLS, l'arbre de décision, les réseaux de neurones et la méthode TFIDF ([Pazzani et al., 96]). Après une série de tests, les auteurs ont trouvé que la méthode du classificateur Bayesien construisait le modèle d'utilisateur le plus exact (77,1% de précision) par rapport à d'autres techniques. D'autre part, ils ont découvert que la méthode TFIDF traditionnellement utilisée dans le domaine de la recherche d'information est tout a fait comparable aux les méthodes « pures » d'apprentissage symbolique (TFIDF étant meilleur dans certains cas et moins bonne dans d'autres).

Shortcut [Maglio et Barett, 97] est un agent autonome qui extrait les actions répétitives dans l'historique des interactions d'un utilisateur particulier. Une fois une telle sous-chaîne détachée, l'agent ajoute à la première page de cette séquence un nouveau lien menant vers la dernière page de la séquence établie, pour que l'utilisateur puisse « sauter » les pages intermédiaires. Shortcut est particulièrement utile pour les utilisateurs poursuivant les mêmes routines pendant le processus de navigation : il permet alors de sauter directement vers la page intéressant l'utilisateur. Contrairement aux autres agents examinés auparavant qui utilisent l'apprentissage « centré sur l'utilisateur » (§ 2.2.4.), Shortcut pratique un apprentissage « centré sur la tâche », car il transmet les connaissances apprises aux autres utilisateurs effectuant la même tâche.

Dans le tableau ci-dessous (tableau 4.1.) nous présentons un résumé comparant des agents de navigation autonome selon les paramètres communs : techniques d'analyse du contenu, niveaux d'autonomie, rétroactions exigées et types de suggestions proposées.

Tableau 4.1. Comparaison des agents de navigation autonome

| agent | suggestions | niveaux d'autonomie | rétroactions | techniques utilisées |
|---|---|---|---|---|
| ***WebWatcher*** | • liens existants sur la page courante ;<br>• nouvelles pages relatives à la courante | exige de l'utilisateur de déclarer explicitement le but de recherche | 2 types : « le but est atteint » et « le but n'est pas atteint » | MATCH, winnow, random, wordstat, Q-apprentissage pour TFIDF |
| ***Lira*** | nouvelles pages relatives à la courante | complètement autonome | échelle de 11 « points d'intérêt » | TFIDF |
| ***Letizia*** | nouvelles pages relatives à la courante | complètement autonome | aucune rétroaction | heuristiques |
| ***LAW*** | • liens existants sur la page courante ;<br>• nouvelles pages relatives à la courante | complètement autonome | 2 types : «cette page m'intéresse» et «cette page ne m'intéresse pas» | IBPL1 et C4.5 pour TRIDF, TF et TR |
| ***ifWeb*** | • liens existants sur la page courante ;<br>• nouvelles pages relatives à la courante | complètement autonome | 2 types : «cette page m'intéresse» et «cette page ne m'intéresse pas» | construction d'un réseau sémantique pondéré |
| ***Syskill& Webert*** | • liens existants sur la page courante ; | exige de l'utilisateur de construire une page d'index pour un sujet particulier | 3 types : « ce lien m'intéresse », « ce lien ne m'intéresse pas », « je ne sais pas » | classificateur Bayesien, « plus proche voisin », PEBLS, arbre de décision, réseaux neurones, TFIDF |

*4.3.1.2. Agents actifs sondant des agents passifs*

Certains agents de navigation autonome cherchent des pages intéressant l'utilisateur en envoyant une requête de recherche d'information aux agents passifs basés sur l'indexation d'information (§ 4.2.). Par exemple, Syskill&Webert [Pazzani et al., 96] construit une requête et l'expédie à LYCOS, un moteur de recherche standard du Web. Pour composer une telle requête l'agent utilise des mots apparus plus souvent dans les pages estimées comme « intéressantes » par l'utilisateur dans ses rétroactions. Après avoir reçu la réponse de LYCOS, Syskill&Webert filtre les résultats et les annonce à l'utilisateur (figure 4.11.). Pour cela il pratique les méthodes de rangement et d'annotation des liens (§ 2.3.2.1.) par les mêmes icones qu'il utilise pour classer ses propres suggestions (cf. figure 4.10).

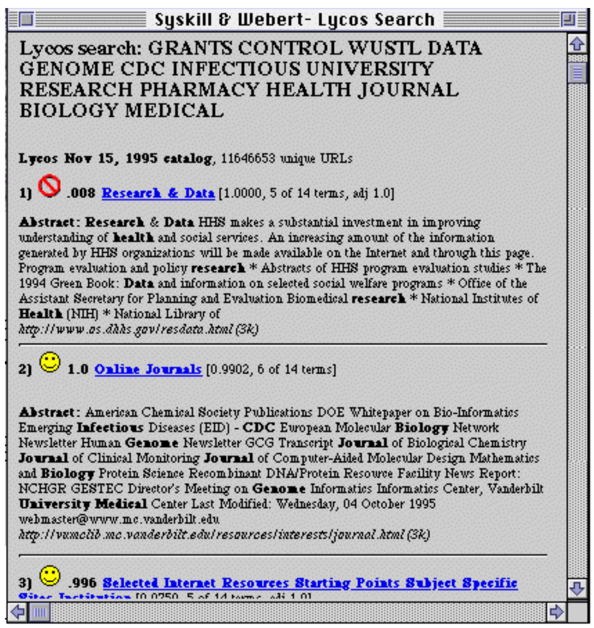



**Figure 4.11.** Classification par l'agent actif Syskill&Webert des pages retrouvées par l'agent passif (LYCOS)

L'agent WIFS [Ambrosini et al., 97] demande aussi aux agents passifs de trouver des pages d'intérêt pour l'utilisateur. Il construit une requête et l'envoie à l'agent passif standard du Web AltaVista, puis ordonne les pages trouvées selon le modèle d'utilisateur. Une des particularités de WIFS est l'utilisation d'une approche hybride de modélisation de l'utilisateur. Dans ce système deux composants sont intégré : le premier est basé sur le raisonnement à partir de cas et le deuxième est basé sur un réseau artificiel de neurones.

Une collaboration entre agents actifs et passif sur le Web apporte des avantages mutuels. Grâce aux agents actif la productivité de recherche d'information des agents passifs s'améliore, car dans ce cas il ne s'agit plus d'une recherche à court terme, généralement effectuée par les agents passifs, mais à long terme. D'autre part, les agents passifs aident les agents actifs à construire un modèle d'utilisateur plus précis en proposant davantage d'information. Par exemple, WIFS augmente les capacités de pertinence de AltaVista (estimés à 75%) jusqu'à 95% [Ambrosini et al., 97].

#### *4.3.1.3. Agents de collaboration*

Les agents purs basés sur l'analyse du contenu hypermédia ont quelques points faibles. Généralement, seule une analyse peu profonde peut être effectuée. Dans plusieurs domaines il existe d'autres informations que le texte, par exemple, le son, les images, les vidéos, etc., qui ne sont pas soumis aux méthodes traditionnelles d'extraction de traits discriminants. Même pour les documents textuels, les représentations saisissent seulement certains aspects du contenu, mais il existe beaucoup d'autre nuances influençant les préférences de l'utilisateur [Balabanovic et Shoham, 97]. Par exemple, pour les pages Web, les techniques de recherche d'information ignorent complètement les qualités esthétiques de présentation de l'information et toute l'information multimédia, y compris même les textes attachés aux images. Naturellement, la construction d'un modèle d'utilisateur reflétant de manière adéquate toutes les préférence de l'utilisateur est une tâche irréalisable.

Les agents de collaboration utilisent une approche complètement différente. Plutôt qu'étudier la similarité entre les unités d'hypertexte, ils cherchent la similarité entre les utilisateurs. Plutôt que recommander des pages Web contenant les unités similaires aux celles appréciées par l'utilisateur au passé, les agents de collaboration suggèrent des pages contenant des unités que d'autres utilisateurs ont déjà estimées. Dans cette approche pour chaque utilisateur particulier son agent personnel trouve des « voisins » partageant les mêmes goûts. Ainsi, pour prédire les nouvelles pages à visiter, l'agent combine les scores des pages visitées par les « voisins ». Les suggestions ne se basent dans ce cas que sur les estimation des autres utilisateurs et leurs rétroactions. WebHound [Lashkari, 95] et SiteSeer [Rucker et Polanco, 97] sont deux exemples d'agent de collaboration. Après avoir visité une page Web, l'utilisateur est obligé de l'estimer et l'agent cherche ensuite d'autres utilisateurs avec des estimations similaires.

Un des avantages de l'approche par collaboration est qu'il n'exige pas de transmission ni d'analyse des sources HTML des pages Web. Mais pourtant, l'approche pure a aussi ses problèmes. Si une nouvelle page Web apparaît dans l'hyper-espace, il n'est pas possible qu'elle soit recommandée à l'utilisateur avant que d'autres utilisateurs la remarquent, estiment et spécifient quelles autres pages sont similaires avec celle-ci. Ainsi, si le nombre d'utilisateurs est relativement petit par rapport au volume d'information disponible (à cause d'hyper-espaces très grands ou changeant souvent), il existe un vrai danger qu'une couverture de classement d'une page devienne peu dense et diminue la collection des pages recommandées. Le deuxième problème survient pour un individu dont les goûts et préférences sont assez rares, incompatibles avec le reste d'utilisateurs. Pour une telle personne, il serait très difficile de trouver des hommes partageant les mêmes intérêts, et son agent personnel trouvera donc avec peine les pages Web susceptibles de l'intérêt.

Une approche originale d'intégration des deux techniques a été proposée par les auteurs de l'agent Fab [Balabanobic et Shoham, 97]. Ils présentent un système hybride basé sur l'analyse du contenu et la collaboration des agents. A partir de l'analyse du contenu des pages Web, Fab crée un profil d'utilisateur et ensuite le compare directement avec d'autres profils pour déterminer les utilisateurs similaires pour les recommandations. Ainsi, les utilisateurs reçoivent les suggestions formées à la fois sur la base de leurs préférences et par les jugements d'autres individus ayant les mêmes profils. Chaque profil est basé sur des mots contenus dans des pages Web qui ont déjà été visitées et estimées. Après avoir reçu des suggestions l'utilisateur est obligé de donner des rétroactions en les évaluant selon l'échelle de 0 à 7 « points d'intérêt ». Dès que l'analyse de contenu a été faite, l'agent s'intéresse aux

« voisins les plus proches » avec les mêmes goûts. De toute manière, Fab s'adapte plutôt à la population d'utilisateurs « similaires » et qu'à l'utilisateur particulier.

### *4.3.2. Agents dont la sphère d'activité est limitée à une « vue personnalisée » de l'utilisateur*

Les utilisateur du Web construisent leurs « vues personnalisées » de l'espace d'information en se basant sur leurs suppositions concernant la structure et le contenu de l'espace, leurs expériences de la navigation et de la recherche. Une telle « vue personnalisée » est représenté généralement par un sous-ensemble des pages Web relatives aux buts et intérêts d'un utilisateur particulier. Ces « vues personnalisées » protègent les utilisateurs contre la complexité de l'hyper-espace et offrent la possibilité d'accéder directement à une information « d'intérêt ». Les agents interviennent ici comme des assistants personnels, partageant le même espace de travail que leurs « maîtres » et les aidant à gérer cet espace. Cette aide consiste en une organisation et rangement de l'information accessible, en une classification des bookmarks[1], en une identification de l'expiration ou du changement du contenu des pages visitées.

#### *4.3.2.1. Agents de support d'orientation dans l'hyper-espace*

La possibilité de consulter l'historique des navigations sur le Web peut être très utile pour l'utilisateur. Un individu peut bénéficier des retours vers les pages déjà visitées ou des partages des mêmes pages avec d'autres utilisateurs. Les agents semblables aux ifWeb [Asnicar et Tasso, 97] ou Syskill&Webert [Pazzani et al., 96] munissent l'utilisateur d'un support d'orientation dans l'espace Web parcouru. De tels agents classent les pages précédemment visitées et évaluées par l'utilisateur, puis montrent graphiquement la structure

---

[1] une des caractéristiques générales des logiciels de navigation sur le Web, comme Netscape ou Mosaic. Bookmarks permet tout simplement de « mettre des signets » dans les pages intéressant l'utilisateur

des liens accessibles à partir de ces pages explorées. De différentes icones représentent le résultat de la classification effectuée sur les documents accédés : « a été intéressant », « a été non intéressant », « analyse n'a été pas effectuée », etc. (figures 4.9, 4.10).

Les auteurs de l'agent Waypoint [Maglio et Barett, 97] prétendent qu'un affichage d'un historique complet de navigation n'est pas seulement redondant, mais source de confusion pour un utilisateur. Cet agent n'extrait que les « waypoints » (points de départ) à partir de l'historique des interactions - c'est-à-dire les noeuds à partir desquels il existe une séquence de liens sans interruption menant à une certaine page de but. L'agent affiche ces noeuds de départ comme l'historique des navigations en n'exigeant aucune rétroaction de l'utilisateur et en utilisant des algorithmes empiriques qui analysent ses stratégies d'exploration du Web.

#### *4.3.2.2. Agents de services des « bookmarks personnalisés »*

Les utilisateurs du Web effectuent souvent des interactions à long termes et ont donc besoin d'un accès « sur mesure » rapide et efficace à l'information trouvée auparavant. Les logiciels de navigation comme Netscape ou Mosaic offrent des services de bookmarks organisés hiérarchiquement sous un titre unique. Ces services ordinaires ne permettent pas une organisation efficace ni un accès commode à l'information nécessaire : ce sont des structures rigides constituées de rubriques d'adresses des pages Web éparpillées inadaptées à l'utilisateur et à ses buts. Mais la même information est souvent pertinente pour plusieurs raisons : il est assez difficile de trouver un dossier unique dans lequel ranger une information pour la retrouver facilement plus tard. L'utilisateur est obligé donc de parcourir la longue liste des adresses répertoriées. En outre, aujourd'hui, des groupes d'utilisateurs ayant des mêmes centres d'intérêts désirent de plus en plus partager les mêmes ressources du Web pour travailler en collaboration. Actuellement des services de bookmarks sont orientés vers un utilisateur individuel et fournissent peu de possibilités de partage d'information : les seules possibilités pour un utilisateur se résument à l'échange d'adresses Webs (import/exporte de bookmarks ».

Les agents intelligents d'interface essaient de résoudre ces problèmes pour mieux gérer leurs bookmarks standards. WebTagger [Keller et al., 97] est un exemple de ce type d'agents. Il est basé sur une technique spéciale d'indexation et d'accès à l'information élaborée pour le système d'hypermédia adaptatif fonctionnant pas dans l'environnement du Web, Adaptive HyperMan [Mathé et Chen, 96], [Rabinowitz et al., 95]. WebTagger offre aux utilisateurs individuels (aussi bien qu'aux groupes de collaborateurs) les possibilités de stocker des adresses URLs des pages Web dans une mémoire, de les organiser à sa guise, de les évaluer et d'accéder ensuite aux pages Web répertoriées. Au moment où un utilisateur ajoute une nouvelle adresse URL dans la mémoire, il peut classer cette page Web selon une ou plusieurs catégories. Utilisant plus tard ces catégories comme des indices de recherche, les utilisateurs retrouvent facilement des adresses URLs en questionnant leur mémoire. Pour représenter un modèle d'utilisateur WebTagger utilise une structure de treillis éparpillé où chaque noeud représente une certaine combinaison de catégories définies dans la mémoire d'un utilisateur ou d'un groupe. A chaque noeud on trouve associées un URL et un poids représentant l'utilité des pages attachées selon les estimation particulières d'un ou plusieurs utilisateurs. Une fois que l'utilisateur a envoyé une requête, WebTagger affiche une liste de tous les URLs satisfaisants classés selon leur utilité et demande à l'utilisateur d'estimer la pertinence des URL proposées. Après avoir reçu ces rétroactions, l'agent modifie l'ordre de rangement des URLs et le poids des noeuds dans le treillis.

L'approche utilisée par WebTagger est semi-automatique, il exige des utilisateurs de caractériser manuellement les nouveaux URLs selon un ensemble défini des catégories. Par conséquent, cet agent peut donc sembler importun, lent et astreignant. D'autres approches automatisent partiellement ou complètement le processus de la structuration d'information. Les agents Bookmark Organizer [Maarek et Schaul, 96] et HyPursuit [Weiss et al., 96] classifient automatiquement une liste de signets des URLs dans des clusters hiérarchiques en utilisant l'analyse des contenus des textes aussi bien que l'analyse des liens connectés. Cependant, les hiérarchies obtenues peuvent être interactivement modifiées par l'utilisateur selon ses goûts, puisque les résultats des algorithmes de catégorisation ne sont pas a besoin toujours intuitifs et nécessitent des ajustements de l'utilisateur.

*4.3.2.3. Agents de détection des changement intéressants des pages visitées*

Une autre forme d'assistance par agents dans l'hyper-espace limité à une « vue active » d'utilisateur est de travailler en « tâche du fond » alors que l'utilisateur est occupé à d'autre chose. Par exemple, l'agent « de fond » peut informer l'utilisateur sur des modifications de pages Web concernant sa « vue personnalisée ».

Les agents Do-I-Care (ou DICA) [Starr et al., 96], [Ackerman et al., 97] et BASAR [Thomas, 95], [Thomas et Fisher, 96] ne découvrent pas de nouvelles pages Web relatives aux centres d'intérêt d'un utilisateur particulier, mais détectent les changements « intéressants » dans les pages Web déjà visitée par lui et sauvegardées dans son espace de « vue active ». Pour Do-I-Care cette « vue active » est un bookmark d'utilisateur. BASAR, au contraire, observe toutes les pages Web partagées et éditées par des membres d'une communauté virtuelle d'utilisateurs et avertit chaque utilisateur de ce groupe au cas où une information pertinente a été ajoutée ou modifiée. La communauté est définie par une liste d'utilisateurs partageant les mêmes « vues personnalisées ». Pour construire les modèles d'utilisateur, on utilise principalement leur rétroaction aux messages d'avertissement des agents.

Nous avons examiné quelques exemples d'agents actifs sur le Web qui aident les utilisateurs à résoudre des problèmes de complexité de l'hyper-espace en filtrant les recherches sur l'information « d'intérêt » d'utilisateur particulier et, par conséquent en se restreignant à des sous-espaces personnalisés. Mais comment un agent de navigation peut-il assister l'utilisateur au cas où l'espace Web est déjà délimité par un certain domaine d'application ? Si l'utilisateur navigue non pas dans tout l'espace, mais dans un sous-espace d'un système hypermédia particulier, développé au sein du Web ? On peut procéder de la même façon : l'agent d'interface peut toujours observer les actions de navigation et construire un modèle d'utilisateur, mais dans ce cas une source supplémentaire d'informations est potentiellement disponible : l'agent peut prendre en compte les connaissances du domaine considéré et appliquer les méthodes des hypermédias adaptatifs.

### *4.3.3. Agents dont la sphère d'activité est limitée à une application*

Le développement d'applications hypermédias au sein du Web a toujours suscité l'intérêt des chercheurs. De tels programmes présentent plusieurs avantages au niveau de l'installation, de la distribution ou de la maintenance des applications. Ces logiciels :

- permettent aux utilisateurs de différentes plates-formes d'accéder aux données communes en utilisant la même interface ;
- dispensent les utilisateurs de la tâche peu commode de chargement et d'installation locale des programmes ;
- garantissent l'accès à l'information la plus récente qui est disponible sur le réseau, puisque toutes les modifications et mises à jour sont effectuées sur le site du serveur. Cela signifie aussi que tous les utilisateurs ont accès à la même information, ce qui est très important pour un travail où les collaborateurs sont éloignés géographiquement.

Mais, jusque récemment, le potentiel interactif du Web étaint très limité (§ 4.1.3.). L'utilisateur ne pouvait qu'entre choisir suivre ou ne pas suivre un lien menant à une autre page Web. La nature statique du langage HTML et du protocole HTTP contraignait le design des interfaces et ralentissait le développement de nouveaux systèmes basés sur l'environnement Web ; elle empêchait également les transferts des systèmes hypermédias existants sur le Web. Java et les outils de CGI[1] ont rendu l'environnement du Web beaucoup plus interactif. Grâce aux nouvelles possibilités qu'ils offrent, les premiers systèmes hypermédias commencent à apparaître sur le Web : d'abord les systèmes éducatifs, puis les hypermédias « en ligne » de recherche d'information [Eklund et Zeilinger, 97].

L'apparition de nouvelles applications et le transfert les anciennes sur le Web n'ont pas résolu les vieux problèmes des hypermédias classiques. L'utilisateur consultant un système

---

[1] Standard de transmission « Common Gateway Interface »

particulier sur le Web n'échappe à la difficulté de « se perdre » dans l'hyper-espace. En outre, aux problèmes du choix d'un « bon » lien Web à suivre s'ajoutent les difficultés à se décider pour utiliser tels ou tels outils spécifiques à une application particulière. Appliquer les solutions proposées par les hypermédias adaptatifs (§ 2), utiliser leurs méthodes et techniques pour le vaste domaine du Web a été une étape logique. En intégrant HTML et Java dans l'interface d'hypermédias adaptatifs, on obtient des systèmes basés sur le Web, fonctionnant dans son hyper-espace restreint à une application, utilisant des agents intelligents d'interface responsables de la navigation adaptative.

#### *4.3.3.1. Agents assistants les auteurs des applications*

Le but de certains projets est d'offrir à un auteur des outils de développement d'une application particulière au sein du Web. Utilisant des programmes basés sur CGI ou Java, de tels systèmes construisent dynamiquement des pages HTML consacrées à une application. Les agents intelligents peuvent être utiles en adaptant le processus de conception d'une page aux besoins d'un auteur individuel (figure 4.12.). Examinons quelques exemples.

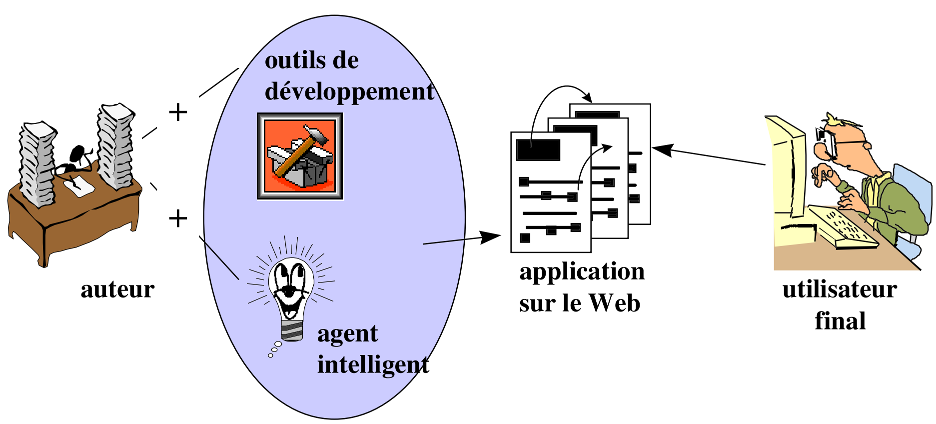



**Figure 4.12.** Développement d'applications sur le Web à l'aide d'agents intelligents

Ontologies [Rice et al., 95] est un système basé sur le Web pour la création, la navigation et la modification des ontologies - c'est-à-dire des spécifications formelles définissant le vocabulaire représentatif dans un certain domaine de discours. Ce système possède une riche interface interactive offrant un environnement complet, distribué et coopératif de développement des applications. Il compte plus d'une centaine de commandes disponibles aux utilisateurs, un sous-système d'aide immédiate sensible au contexte, un sous-système de niveaux multiples d'actions « défaire / modifier », etc. Un agent d'interface incorporé assure une visite guidée expliquant les nuances de développement et une aide réagissant au contexte. Cet agent essaie d'aider l'utilisateur (qui est également auteur) de deux moyens : minimiser le nombre d'actions qu'il peut effectuer en construisant son application, et réduire l'hyper-espace en ne lui présentant que les pages « utiles » (du point de vue de l'agent) pendant une session d'interactions. Pour améliorer le modèle d'auteur, l'agent lui demande ses rétroactions après les suggestions.

De nos jours il existe déjà quelques applications éducatives de génération dynamique de cours (séquences de matières à apprendre) sur le Web. Elles ont pour but de fournir des outils de création adaptative de pages Web aux auteurs réalisant de tels cours distribués. Par exemple, le système DCG (Dynamic Courseware Generator) [Vassilieva, 97] aide un « professeur » virtuel à produire et à adapter des cours individuels selon les buts et connaissances précédentes d'un utilisateur-élève. Ce système a été testé sur le Web pour l'enseignement dans trois domaines : les appareils électroniques, le diagnostic médical et l'art (jazz). L'idée principale de DCG est de séparer la représentation de la structure conceptuelle du domaine des matières d'apprentissage que les élèves voient ensuite sur leurs écrans. A chaque concept à apprendre sont associés une ou plusieurs adresses de pages HTML contenant la matière éducative et les exercices. La structure conceptuelle du domaine est utilisée comme le plan d'un cours. A l'aide d'un éditeur graphique spécifique, l'auteur peut créer/modifier les structures conceptuelles, et engendrer des liens pour chaque concept/relation vers fichiers HTMLs appropriés, qui s'utilisent ensuite comme les matières éducatives pour ce concept.

C'est une autre approche de construction des outils de développement des applications hypermédias adaptatifs sur le Web que propose l'équipe de Kristina Höök [Höök et al., 97]. Ces chercheurs essaient de combiner l'expertise humaine avec des agents se basant sur l'intelligence artificielle. L'idée principale du projet EdInfo est d'introduire un expert humain dans le schéma « agent - utilisateur final » : l'agent cherche une information pertinente pour un utilisateur, un « rédacteur » (expert) analyse ensuite ses proposition, les rédige, raffine et les envoie à un utilisateur particulier (figure 4.13.).

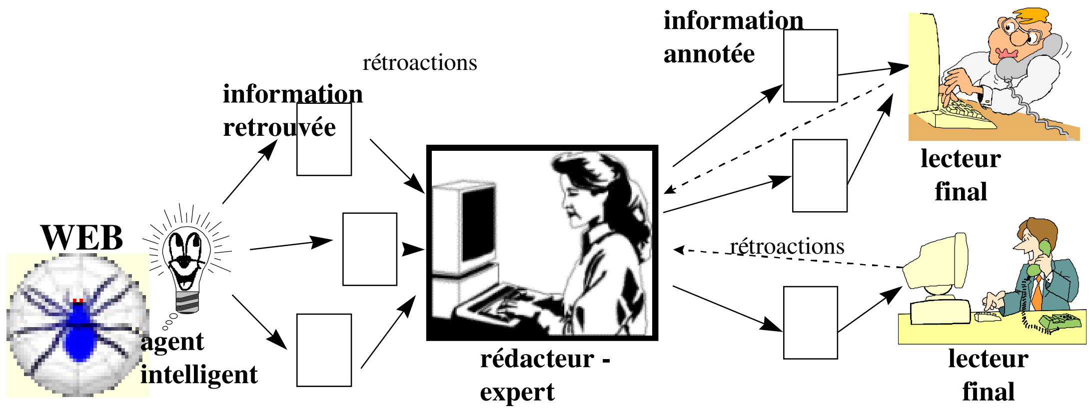



**Figure 4.13.** Architecture du système EdInfo

Höök et al. arguent qu'une telle technique semi-automatique entraîne une meilleure qualité de filtration de l'information Web pour un utilisateur final. Le « rédacteur » utilise sa compétence professionnelle pour ajouter de la valeur à la recherche d'information : il peut restructurer, commenter, illustrer ou réécrire l'information trouvée par l'agent autonome. L'implantation d'un tel intermédiaire humain augmente le niveau de confiance de l'utilisateur final aux suggestions de l'agent. Les préférences, les intérêts et les buts d'un utilisateur individuel sont stockés dans le modèle d'utilisateur, disponible à la fois pour l'agent autonome et pour le « rédacteur ». Lorsque le modèle d'utilisateur final est utilisé par l'agent, il est « caché », mais le même modèle doit être explicitement « visible » à l'expert. Le « rédacteur » doit posséder donc les outils pour réunir, analyser et adapter l'information fournie par l'agent. De toute façon le « rédacteur » a besoin d'un environnement intégré contenant une variété d'outils pour la recherche, la sélection, la restructuration, la modification et l'annotation de l'information. L'utilisateur-expert a également besoin d'outils de communication avec des agents autonomes et avec des utilisateurs finaux qui envoient des rétroactions.

Les idées de la construction d'un tel triplet « agent-rédacteur-utilisateur » ont été appliquées dans l'environnement Intranet d'une compagnie Suédoise pour le développement du système EdInfo distribuant les nouvelles internes de la compagnie. Basée sur les annotations d'un « rédacteur », l'information de chaque article s'adapte au site du « rédacteur » et s'envoie aux « lecteurs » de cette compagnie. A part les annotations, le « rédacteur » peut adapter le contenu d'une page à un « lecteur » particulier pour ne lui afficher que des liens pertinents. Ces travaux ne sont pas encore achevés et les auteurs n'ont toujours pas publié de résultats.

L'agent SAGE présenté dans cette thèse fonctionne selon deux modes différents : pour aider un expert à développer une application et pour guider un novice naviguant sur une application particulière [Akoulchina et Ganascia, 97a]. Pour ce qui est de l'assistance à un expert, SAGE propose des outils de construction de base de connaissances de SATELIT, d'acquisition de nouvelles connaissances et de modification des anciennes (§ 3.4.1.). Pendant une procédure d'introduction de connaissances, SAGE aide l'expert à remplir des formulaires attachés aux connaissances : il propose des valeurs à choisir et affiche le résultat sur un écran graphique spécialisé. Par exemple, la figure 4.14. représente le processus d'acquisition d'un nouveau taxon « apostasioideae ».

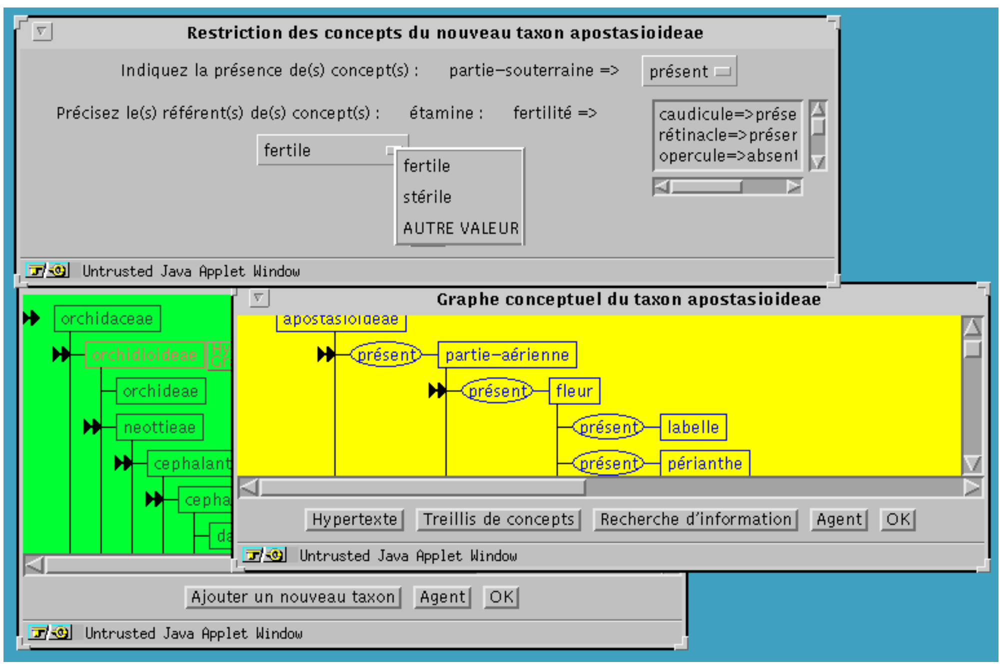



**Figure 4.14.** Assistance de SAGE lorsqu'une acquisition d'un nouveau taxon

Comme le présente la figure 4.14, SATELIT ajoute un nouveau taxon dans la taxinomie actuelle, lui donne en héritage la description formelle de son père, compare cette description avec celles de ses frères et commence la procédure de restriction des concepts. SAGE aide l'expert à introduire les valeurs des concepts à restreindre, en proposant les valeurs pertinentes, ce qui facilite la tâche de l'expert.

A la différence des autres agents qui assistent les auteurs, SAGE n'essaie pas d'aider l'expert à produire de nouvelle page HTML d'une application particulière, mais le soutient pour l'introduction de connaissances attachées à cette page. Dans un sens, une telle assistance de SAGE ressemble à l'aide immédiate sensible au contexte du système Ontologies [Rice et al., 95].

#### *4.3.3.2. Agents de présentation adaptative*

Si l'utilisateur se trouve désorienté en consultant la page d'une application quelconque développée sur le Web, un agent intelligent peut lui venir en aide en ordonnant le contenu de la page embarrassante. Pour mieux satisfaire les différents buts, préférences et autres caractéristiques d'un individu particulier, l'agent peut adapter ce contenu de page HTML que l'utilisateur consulte à un moment donné. Comme nous l'avons déjà démontré (§ 2.3.1.), selon les techniques diverses de présentation adaptative, l'agent affiche seulement une partie de la page Web, en cachant les fragments « non pertinents » par rapport au modèle d'utilisateur construit. Dans certains systèmes un seul agent est responsable pour savoir ce qui est « bon » pour l'utilisateur ; dans d'autres applications l'utilisateur peut pourtant « étirer » et afficher les textes cachés. Examinons quelques exemples.

En général les agents de présentation adaptative étaient appliqués aux systèmes éducatifs, car présenter des fragments adaptés aux connaissances courantes des utilisateurs-élèves est la tâche la plus importante de ces systèmes. Les concepteurs des systèmes éducatifs sur le Web ont depuis longtemps noté que « ... l'environnement du Web promet beaucoup comme véhicule de distribution de matériel éducatif arrivant lui-même aux élèves » [Kay et Kummerfeld, 94]. Plusieurs systèmes éducatifs issus du domaine des hypermédias adaptatifs sont alors devenus les premiers à se transmettre sur le Web : InterBook [Brusilovsky, 97] offre des cours dans différents domaines de l'Université

Carnegie Mellon, C-Book [Kay et Kummerfeld, 94] personnalise des cours de programmation en langage C, SQL Web-Tutor [Pesin et Brusilovsky, 97] assiste à apprendre le langage SQL, AST [Specht et al., 97] apprend à la statistique, DCG [Vassilieva, 97] engendre des cours sur les systèmes d'apprentissage assisté par l'ordinateur, etc. Tous ces systèmes ont introduit dans l'environnement du Web divers mécanismes de la présentation adaptative développés auparavant. La plupart des agents incorporés à ces systèmes représentent les connaissances des utilisateurs-élèves par un « modèle de couches »[1], basé sur un modèle structurel du domaine. Ce modèle garde certaines valeurs comme une sorte d'estimation des niveaux de connaissances de l'utilisateur à propos d'un concept particulier à apprendre. Selon ce modèle, l'agent n'affiche que des textes associés aux concepts appris par l'utilisateur et en cache d'autres, encore inconnus. Les agents de cette classe exigent de longs et ennuyeux entretiens au début des sessions pour initialiser les valeurs dans le « modèle de couches » de l'utilisateur (§ 2.2.1.3.). Dans d'autres cas les interviews attribuent aux utilisateurs certains stéréotypes. D'autres modèles, comme dans Hekmatpour [Eklund et Zeilinger, 96], utilisent un ordre des fragments à afficher en se basant sur la fréquence de visite à chaque objet comme sur une mesure de son utilité pour l'utilisateur. Ce modèle suppose que des parties relatives au fragment courant seront les plus visitées, mais cette hypothèse est peu fiable car il existe beaucoup de raisons de visiter les fragments.

A part les systèmes éducatifs certains systèmes de recherche d'information « en ligne » utilisent également des agents de la présentation adaptative. Par exemple, PUSH (Plan and User Sensitive Help) [Espinosa et Höök, 96] engendre dynamiquement des pages Web correspondants à un modèle d'utilisateur courant (fig. 4.15.).

[1] En anglais : overlay model

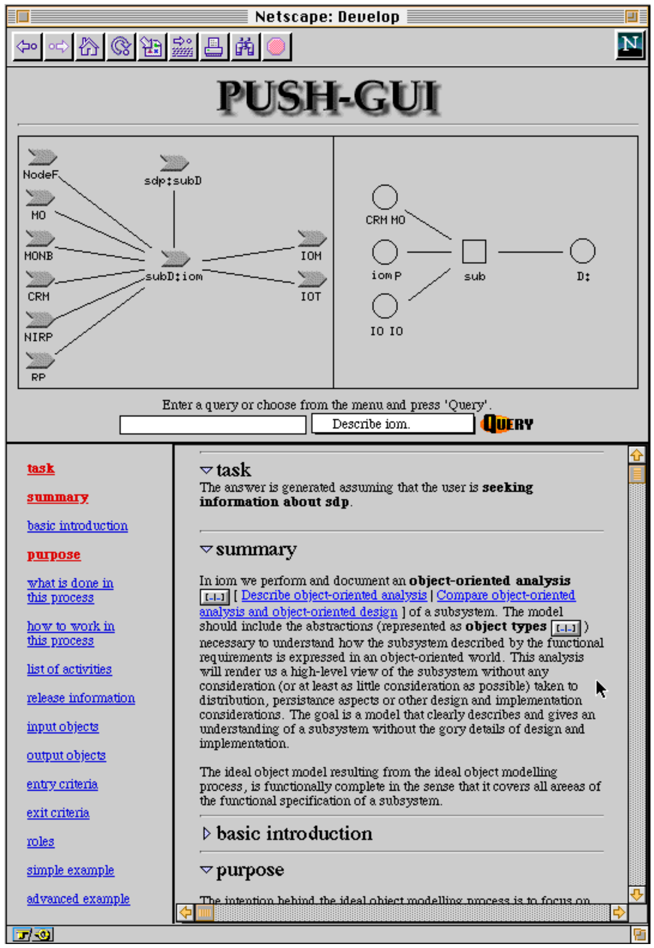



**Figure 4.15.** Page Web du système PUSH avec une interface interactive

L'agent responsable de l'adaptation de ce système à l'utilisateur infère des interactions de celui-ci une tâche de recherche d'information. Chaque page Web contient des textes et des graphiques représentant toute l'information pertinente à propos d'un objet du domaine de documentation du développement de logiciels orientés objets. L'interface de PUSH a un grand niveau d'interactivité : l'utilisateur peut, par exemple, cliquer sur les graphes en changeant leur structure, poser des questions à travers des menus spécialisés, manipuler des réponses du système en ouvrant ou en cachant des parties des textes engendrés, etc. Parce qu'une page peut contenir trop d'information, il est très important de la réduire et de n'afficher à l'utilisateur qu'une partie nécessaire pour une consultation. Utilisant un ensemble de règles simples qui relient une tâche à une information pertinente, l'agent infère l'objectif de l'utilisateur à partir de ses actions. A la base de la hiérarchie prédéfinie des tâches de recherche, l'agent filtre les contenus des pages Web et n'affiche que des entités à propos d'un objet courant qui sont pertinents pour le but actuel de l'utilisateur. Même si une telle assistance de l'agent est assez astreignante, l'utilisateur contrôle toujours le système : en utilisant la technique d'« étirage » du texte (§ 2.3.1.) s'il n'est pas satisfait de la décision de l'agent de cacher/afficher un certain fragment, l'utilisateur peut toujours « étirer »/rouler le contenu associé à un icone apparu.

Un autre agent de représentation adaptative des pages Web est un composant du système de AVANTI [Fink et al., 97], développé pour une recherche d'information en ligne dans le domaine du métropolitain. Les utilisateurs du métro ont généralement des besoins divers. AVANTI tente donc de distinguer les différents types d'utilisateurs : touristes, citoyens, clercs d'agences de voyages, etc., y compris les usagers handicapés, et construit des pages Web adaptées à partir de bases de données distribuées. L'agent adapte les contenus de pages Web non seulement à chaque type d'utilisateur, mais aussi au type d'interface utilisée, par exemple, il prend en compte les capacités techniques de l'interface du client : vitesse de modem pour un accès au site, appareils vidéo et audio connectés, etc. Ainsi, les utilisateurs ayants des modems lents recevrons moins de vidéos et images et plus d'information textuelle sur une page Web chargée, les utilisateurs aveugles recevrons l'information audio et/ou tactile, les utilisateurs handicapés avec une capacité de déplacement réduite recevront l'information concernant les ascenseurs, largeurs des portes et disponibilité des escalators, etc. Le modèle d'utilisateur contient des informations à propos des préférences et des intérêts de l'individu, ses connaissances du domaine, ses aptitudes sensorielles, physiques et cognitives. Après un entretien initial avec l'utilisateur, l'agent acquiert les premières connaissances pour la construction du modèle et attribue un stéréotype à l'utilisateur. Par la suite, ce modèle se raffine au cours de l'observation et de l'analyse des actions successives. Dans le modèle d'utilisateur, l'agent conserve aussi les caractéristiques de l'environnement utilisé : location de terminal, particularités d'interface. Il sauvegarde aussi les traces des interactions des utilisateurs avec AVANTI : les pages visitées, les requêtes posées. Le processus d'adaptation des pages aux individus est basé sur l'utilisation de règles qui relient l'information du modèle d'utilisateur avec deux types d'information : relative au contenu des pages courantes et extraite à partir de bases de données distribuées.

Un autre type d'agent de présentation adaptative est implémenté dans le système PEBA-II [Milosavljevic 97]. Ce système produit des pages Web de description d'animaux à partir d'une base de connaissances taxinomique selon le contexte d'utilisation. Le modèle d'utilisateur soutient la vue de l'utilisateur sur la taxinomie d'animaux. Analysant ce modèle d'utilisateur qui prend en compte le niveau des connaissances d'un individu sur les animaux, autant que son âge, location géographique, historique des actions de navigation, etc., PEBA-II produit dynamiquement les hypertextes différents (avec les images associées) correspondant à un utilisateur particulier (figures 4.16. et 4.17.).


**Figure 4.16.** Page Web engendrée par le système PEBA-II pour un novice

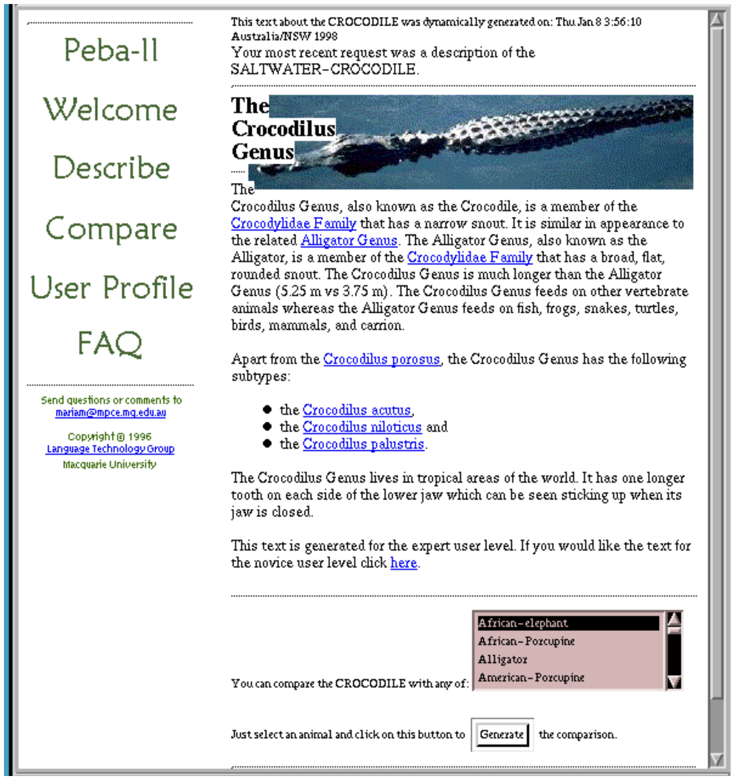



**Figure 4.17.** Page Web engendrée par le système PEBA-II pour un expert

L'originalité de cet agent par rapport aux autres est que PEBA-II utilise une technique complètement différente de présentation adaptative - il ne garde pas de variantes des pages Web écrites précédemment, mais crée à chaque fois un nouvel exemplaire de page selon le modèle d'utilisateur, en basant la génération du texte sur une comparaison des concepts utilisés dans ses actions de navigation. Ainsi, il présente une nouvelle page Web contenant l'information référencée sur les connaissances courantes de l'utilisateur, c'est-à-dire, comparée avec les concepts actuellement connus de lui. Par exemple, une page générée consacrée à une description d'un animal particulier peut contenir les comparaisons avec les descriptions des ses ancêtres et/ou frères dans la taxinomie connus de l'utilisateur (un alligator peut être comparé avec un crocodile). Les attributs de l'objet représenté peuvent être comparés avec les attributs d'autres animaux, si ces attributs sont connus de l'utilisateur (le poids d'un platypus, une espèce d'échidné, peut être comparé au poids de Roger Rabbit, héros de dessins animés). En plus, le système permet de comparer des animaux différents et engendre l'hypermédia expliquant en termes connus de l'utilisateur les nuances de similitude et/ou de dissemblance de deux individus (figure 4.18.).

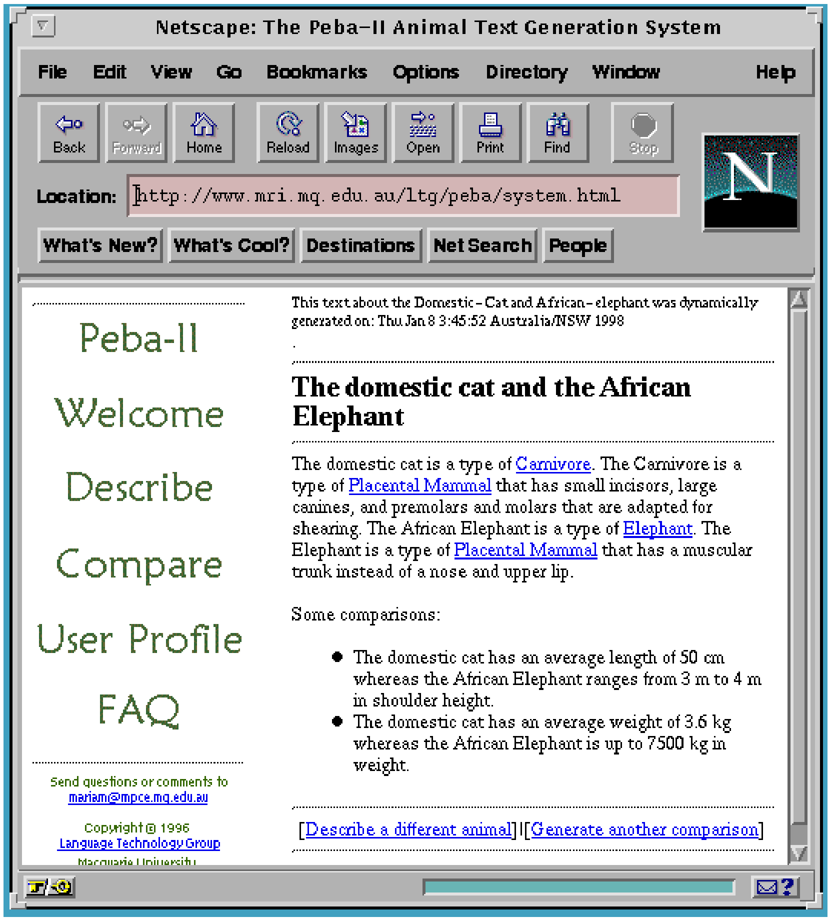



**Figure 4.18.** Page Web engendrée par le système PEBA-II pour une comparaison d'un chat domestique et d'un éléphant

De toute manière, l'agent de PEBA-II produit l'effet de la présentation adaptative en enrichissant les connaissances existantes de l'utilisateur avec les nouvelles connaissances.

L'agent SAGE du système SATELIT ne soutient pas la présentation adaptative, mais influence seulement la navigation « taillée sur mesure » des buts et des préférences de l'utilisateur. Ce fait s'explique par le grand nombre de pages Web accessibles, de la multiplicité d'actions de navigation ou d'interrogation possibles et de la quantité assez limitée d'information hypermédia sur chaque page Web. Par conséquent les difficultés potentielles éprouvées par l'utilisateur de SATELIT sont liées aux problèmes du choix d'une action de navigation et non à l'« égarement » et à la dissipation d'attention d'une page donnée.

*4.3.3.3. Agents de navigation adaptative*

L'objectif des agents assistant le processus de navigation d'une application particulière sur le Web, est de guider l'utilisateur dans ses actions, en apprenant au fur et à mesure son but courant et ses préférences, afin de restreindre l'espace de navigation et d'éviter le problème de désorientation. De nos jours, les agents de navigation adaptative sont traditionnellement appliqués à tout l'espace du Web (4.3.1.) ; les applications développées dans cet environnement restent toujours peu nombreuses et contiennent des agents orientés plutôt vers la présentation adaptative (4.3.3.2.), et non la navigation. Les agents des systèmes AVANTI [Fink et al., 97] et PUSH [Espinoza et Höök, 96] à part la présentation dynamique de pages Web servent aussi à la navigation adaptative, mais un tel guidage reste pourtant assez restreint : sur une page courante ils annotent certains liens vers d'autres pages par de courts commentaires.

Certains systèmes de navigation adaptative, comme par exemple Active Browser [Holte et Drummond, 94] ou HYPERFLEX [Kaplan et al., 93], ne sont toujours pas transférés sur le Web, ils ne fonctionnent que dans des environnements locaux avec un nombre limité d'utilisateurs. Pour les autres applications déjà développées sur le Web, les agents responsables de la navigation adaptative sont toujours en cours de construction et les résultats de leur utilisation n'ont toujours pas été analysés ni démontrés. C'est le cas du système Sale Assistant [Jörding, 97], destiné au « shopping » électronique sur le Web. Le but de cet agent est d'assister l'utilisateur se promenant dans un magasin virtuel, de sélectionner pour lui les produits désirés et de les présenter de manière adéquate. L'agent construit le modèle de l'utilisateur en combinant une description générale du client et plusieurs modèles temporaires de différents types de produits que l'utilisateur désire acheter. Pour développer un tel agent les auteurs pensent appliquer une analyse de critères flous multiples. Tenant compte de l'apparition de nombreux sites Web présentant des catalogues variées de produits virtuels, les travaux dans le domaine de la construction d'agents intelligents assistant le processus de navigation dans ces catalogues sont très prometteurs. L'agent peut donc prendre bientôt la fonction d'un conseiller traditionnel des ventes, répondant à toutes sortes de question d'un client, le rassurant et lui suggérant de faire un meilleur choix dans le monde commercial.

SiteHelper [Ngu et Wu, 97] est encore un agent intelligent en cours de développement qui sera capable d'assister le processus de navigation au sein d'un site particulier. Cet agent apprend les intérêts de l'utilisateur en analysant les traces de ses actions pendant la visite du site auquel l'agent est attaché. Pour une telle analyse SiteHelper récolte les données sauvegardées dans le fichier log qui se forme dès que l'utilisateur accède à ce site. Ce fichier log consiste, en général, en des adresses numériques et logiques de l'ordinateur-client, en temps d'accès et en des URLs des pages Web visitées, et l'agent utilise cette information comme point de départ pour apprendre les préférences de l'utilisateur. Se basant sur l'analyse du contenu des pages Web et du temps passé pour les visites, SiteHelper extrait les mots clés et les propose à l'utilisateur pour qu'il confirme ses préférences. Les mots clés confirmés intéressants par l'utilisateur sont utilisés ensuite pour la recherche d'autres pages Web pertinentes sur ce site que l'utilisateur voudra sûrement visiter. Les pages suggérées par l'agent et visitées par la suite sont considérées comme un exemple positif d'apprentissage (celles non visitées sont des exemples négatifs). La technique HCV [Wu, 95] traite ensuite ces exemples pour induire un ensemble des règles décrivant les intérêts de l'utilisateur. Lorsque l'utilisateur visite ce site à nouveau, en appliquant les règles engendrées, SiteHelper lui affiche une liste de pages Web qui ont été modifiées ou créées dès sa dernière visite. Les auteurs de cet agent d'apprentissage centré sur l'utilisateur (§ 2.2.4.) envisagent de l'appliquer pour une maintenance d'applications variées : librairies en ligne, systèmes de shopping électronique, archives en ligne, etc. Ace jour, il n'existe pas encore de résultats publiés démontrant l'efficacité et la puissance de cet agent.

L'agent de navigation SAGE du système SATELIT basé sur le Web est un des pionniers dans le domaine des agents de navigation adaptative d'applications particulières sur le Web. Compte tenu du nombre très limité des agents de ce genre disponibles aujourd'hui sur le Web, la comparaison de SAGE avec d'autres agents est assez difficile. Examinons quand même, quelques exemples d'agents assistant la navigation d'applications existant à présent sur le Web.

Le système FindMe [Burke et al., 97] combine la technique de navigation basée sur les exemples[1] et les connaissances du domaine pour aider les utilisateurs à choisir une voiture (l'application Car Navigator), un film (PickAFlick), un restaurant (Entrée), un appartement (RentMe), ou un système audio (Kenwood) de préférences en navigant sur les applications spécifiques du Web. La navigation dans ces applications est dirigée par une recherche structurelle des informations dans les bases de données où l'utilisateur raffine son but final de recherche après chaque nouvelle action. L'agent considère alors une nouvelle action comme une critique à l'information retrouvée précédemment et modifie les connaissances acquises sur l'utilisateur en essayant de construire de nouvelles heuristiques sur son but courant. De toute manière, les agents du système FindMe sont un exemple d'agents d'apprentissage « amnésique » (§2.2.4.) : ils acquièrent les connaissances temporaires sur le but à court terme et les préférences courantes de l'utilisateur. Une fois que l'utilisateur a terminé ses recherches, l'agent oublie toutes les connaissances acquises et recommence le processus pour une nouvelle recherche. Dans ce sens, il est similaire à l'agent SAGE.

Pour trouver une information nécessaire, par exemple un restaurant où aller ce soir, l'utilisateur n'est pas obligé de composer une requête formelle : au lieu de cela, il navigue simplement sur les pages Web de l'application Entrée, analyse l'information représentée et précise ses préférences. Pour effectuer de telles précisions, il peut choisir un des boutons se trouvant sur la page Web. Par exemple, après avoir lu l'information sur le restaurant des fruit de mer « Bob Chinn's Crab House », l'utilisateur peut cliquer sur des boutons « Moins cher », « Cuisine traditionnelle », « Autre quartier », etc. (figure 4.19.) Les auteurs appellent ces boutons « pinces » pour désigner leurs rôles de modificateurs précisant les nuances d'un objet recherché. Naturellement, les « pinces » différent d'une application à une autre, car elles expriment clairement les particularités des bases de données de domaines divers et, par conséquent, ils raffinent les critères de recherches.

---

[1] en anglais : instance-based browsing

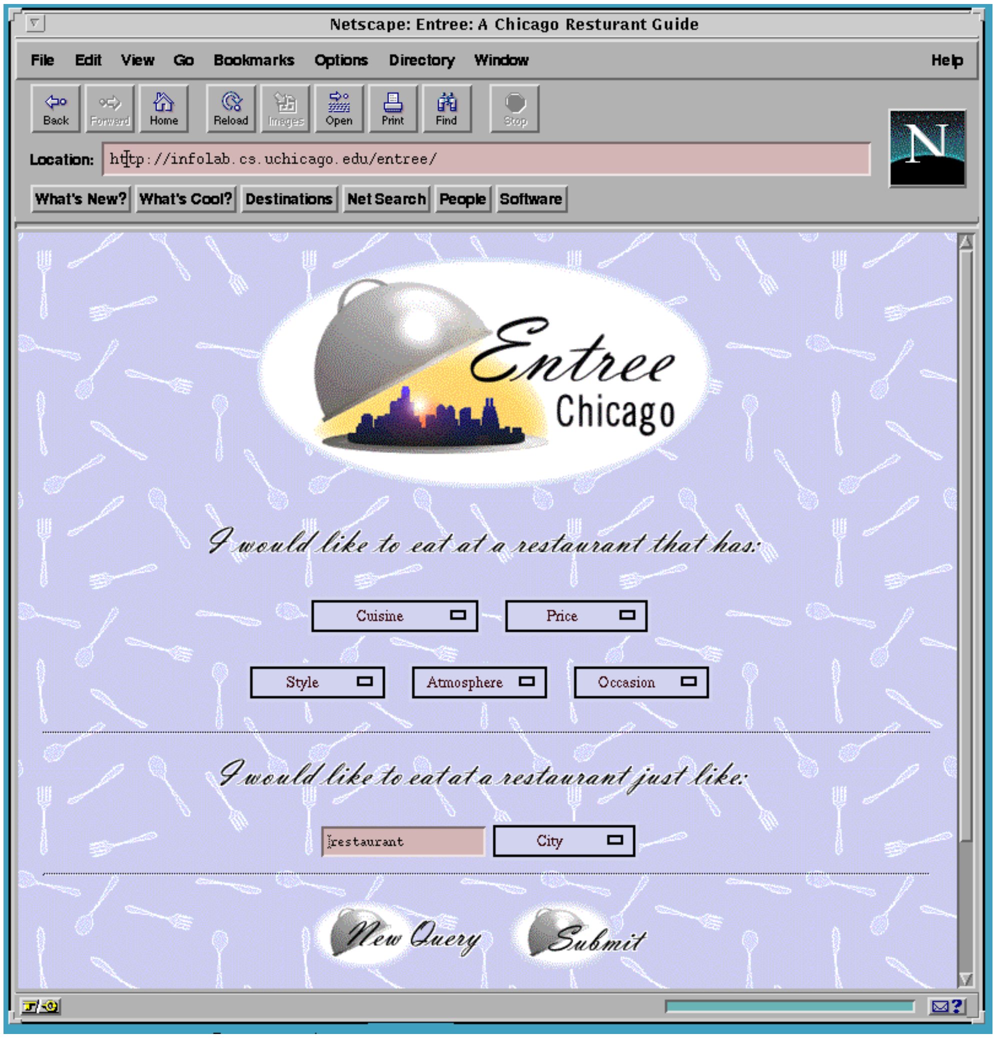



**Figure 4.19.** Ecran initial avec les « pinces » du système Entrée

De toute façon, les utilisateurs pratiquent la *recherche basée sur la similitude*, car toutes les nouvelles pages visitées seront similaires à la page courante, exceptées quelques particularités. Analysant ces actions de recherche, l'agent construit ses suggestions menant l'utilisateur à des directions de recherches raisonnables. La tactique de l'agent est basée sur la supposition que l'insatisfaction de l'utilisateur pour l'information présentée permet de préciser le but final de recherche. Examinant un exemple particulier, l'utilisateur peut alors découvrir un nouveau critère suggéré par l'agent, auquel il ne pensait pas auparavant, et cela peut devenir une partie explicite de nouvelles recherches. D'autre part, l'agent dispense l'utilisateur des recherches à base de catégories de niveaux bas : les menus de l'interface et les « pinces » représentent des catégories abstraites, exprimant les goûts de l'utilisateur, et non pas des traits spécifiques de bas niveaux stockés dans les bases de données. Par exemple, si l'utilisateur cherche un restaurant « avec un décor agréable » et que les bases de données ne contiennent pas l'information sur l'esthétique du décor, l'agent utilise les connaissances énonçant ce qui veut dire « agréable » dans le contexte des bases de données pour construire une requête formelle, cachée de l'utilisateur.

Au niveau supérieure d'abstraction, toutes les applications de FindMe semblent similaires. Elles contiennent des base de données, les agents y retrouvent les informations pertinentes à certaines demandes, ils rangent les résultats selon des critères déterminés. Les interactions de l'utilisateur avec chacune de ces applications consiste en deux phases. La première est une interrogation initiale qui permet à l'utilisateur de se situer dans l'espace d'information, la deuxième est une navigation assistée où l'utilisateur traverse cet hyper-espace. Mais chaque application se distingue par les critères utilisés pour les recherches et pour les rangements des résultats, par le choix de l'ajout de « pinces », et par des connaissances additionnelles ajoutées aux bases de données.

L'application Entrée traitant la base de données de 4400 restaurants de Chicago (2.2 Mbytes) est opérationnelle sur le Web depuis mois d'août 1996. Elle représente chaque restaurant par son numéro d'identification unique, son nom et le texte associé que va être visible sur la page Web, ainsi qu'un ensemble de traits descriptifs.

Sur la page initiale le système propose à l'utilisateur deux possibilités : remplir un questionnaire de préférences (du haut niveau), ou visiter une page consacrée à un restaurant particulier, qu'il connaît bien, dans ce cas le restaurant de préférence sert de modèle pour en retrouver d'autres (figure 4.19.). Si l'utilisateur préfère la première possibilité, il compose une requête contenant les traits *F* de haut niveau décrivant ses intérêts, par exemple : cuisine - française, prix - moins cher, occasion - sortie d'un couple, etc. Si l'utilisateur choisit la deuxième option et introduit un nom de restaurant de préférences comme modèle, le système induit automatiquement les traits *F*. L'agent décompose ensuite ces traits *F* en un ensemble de traits descriptifs de bas niveau d'une base de donnée et recherche un ensemble *R* de restaurants contenant un ou plus de traits *F*. *R* est un ensemble large, typiquement 20-50% de toute la base de donnée. Bien sûr, l'affichage de tous les résultats de recherches à l'utilisateur est redondant, il ne pourra que le perturber. Par conséquent, l'agent procède à un *rangement hiérarchique* sur l'ensemble retrouvé $R$, qui utilise un ordre des buts par défaut $\{G_1,...G_k\}$ : la cuisine est la première priorité $G_1$, le prix est la deuxième $G_2$, etc. Appliquant une métrique de pertinence de but $M_{G_1}$ à chaque exemple retrouvé et en se basant sur les scores retournés par cette métrique $M_{G_1}$, l'agent crée des classes d'équivalence $B^1_{G_1}, B^2_{G_1}, ..., K$. Ensuite, il range les exemples dans chaque classe par rapport au but suivant le plus important $G_2$ et crée une autre série des classes plus précises par rapport aux intérêts de l'utilisateur : $B^{1,1}_{G_{1,2}}, B^{1,2,}_{G_{1,2}}, ..., K, B^{2,1}_{G_{1,2}}, B^{2,2}_{G_{1,2}}, ...K, ...$. L'agent répète ce processus jusqu'à ce que toutes les opérations possibles de rangement soient faites, ou jusqu'à ce qu'un ensemble d'exemples totalement ordonné soit prêt à afficher. Ainsi, pour notre exemple ci-dessus, il cherche d'abord tous les restaurants de cuisine française, ensuite, il les classe dans l'ordre inverse des prix, en commençant par le moins cher ; puis, il range le reste par la critère d'excellent décor, etc. Le résultat de suggestion de l'agent de type « Si vous aimez ça, alors vous aimerez probablement quelque chose de similaire » sont montrés sur figure 4.20. La page affichée contient l'information complète sur le restaurant le plus pertinent à la requête, les autres suggestions sont annoncées par leurs noms et les liens qui y mènent.

Maintenant l'utilisateur peut *continuer la recherche basée sur la similitude* en utilisant la fonction « pinces ». L'agent utilise la même technique, mais désormais élimine de l'ensemble retrouvé R tous les restaurants qui ne satisfont pas une pince donnée. Par exemple, si l'utilisateur décide de regarder quelque chose de « plus agréable », l'agent calcule d'abord dans quelle mesure le restaurant « Yvette » est agréable et ensuite crée un sous-ensemble *R'* de tous les exemples de *R*, dont l'atmosphère est plus agréable (figure 4.21.).


**Figure 4.20.** Ecran des résultats et des suggestions du système Entrée

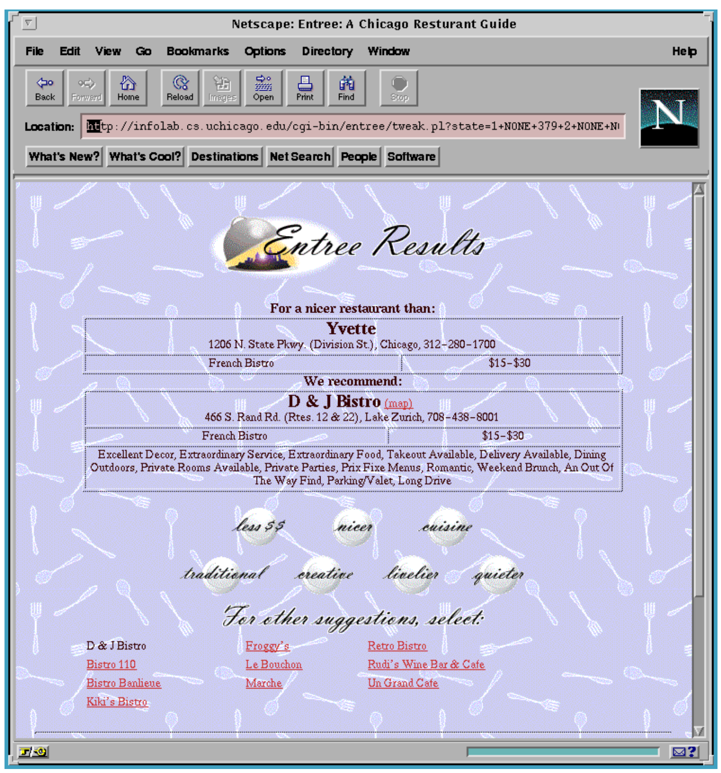



**Figure 4.21.** Ecran des suggestions de Entrée après l'utilisation d'une « pince »

Après un « pincement » l'agent va ordonner les résultats exactement comme avant, en prenant en compte d'abord le critère de cuisine, puis le prix, etc. Dans les certains cas, le résultat de « pincement » peut être vide, alors l'agent dira à l'utilisateur, qu'il n'existe pas de restaurant avec une telle cuisine et de tels prix, dont le décor soit meilleur que celui de l'exemple présenté. Il peut alors proposer de changer les critères de priorité - cuisine ou prix - pour retrouver le restaurant avec le meilleur décor.

Une autre application de FindMe, le système RentMe est consacrée au domaine de la location d'appartements dans la métropole de Chicago [Burke et al., 96]. La base de donnée change tout le temps, au fur et à mesure que les appartements trouvent des propriétaires, mais en général le système traite 3700 appartements, ce qui correspond à 2.8 Mbytes d'information courante.

L'utilisateur commence ses interactions avec RentMe en remplissant un formulaire de préférences générales : quartier, prix, nombre de pièces, etc. (figure 4.22.).

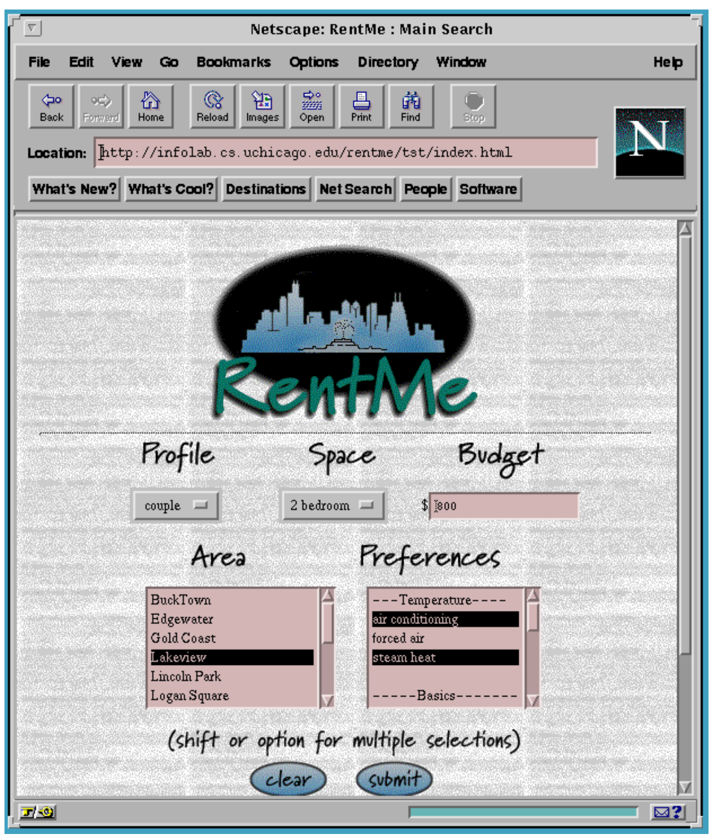



**Figure 4.22.** Ecran initial de RentMe

La liste d'appartements conformes à cette requête initiale forme le point de départ pour une navigation continue assistée par un agent. Comme le montre la figure 4.23., l'utilisateur peut raffiner son but de recherche en utilisant la fonction de « pincement », par exemple il peut chercher un appartement moins cher.

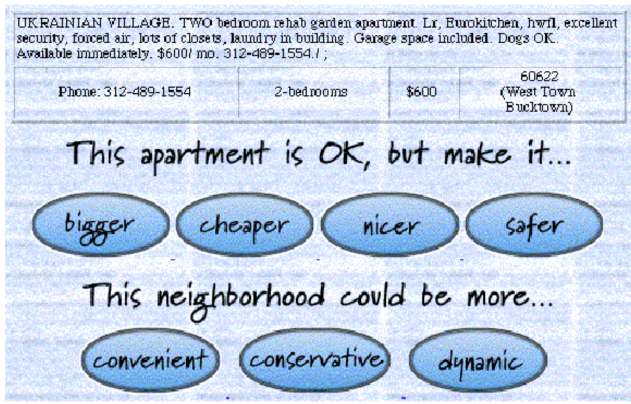



**Figure 4.23.** Boutons de « pincement » de RentMe

L'agent effectue alors une autre recherche hiérarchique, en tenant compte des préférences choisies auparavant. Si la liste de résultats est petite, l'agent peut éliminer une des contraintes, par exemple changer le quartier et proposer un appartement moins cher dans un autre quartier, *similaire* à celui demandé (figure 4.24.).

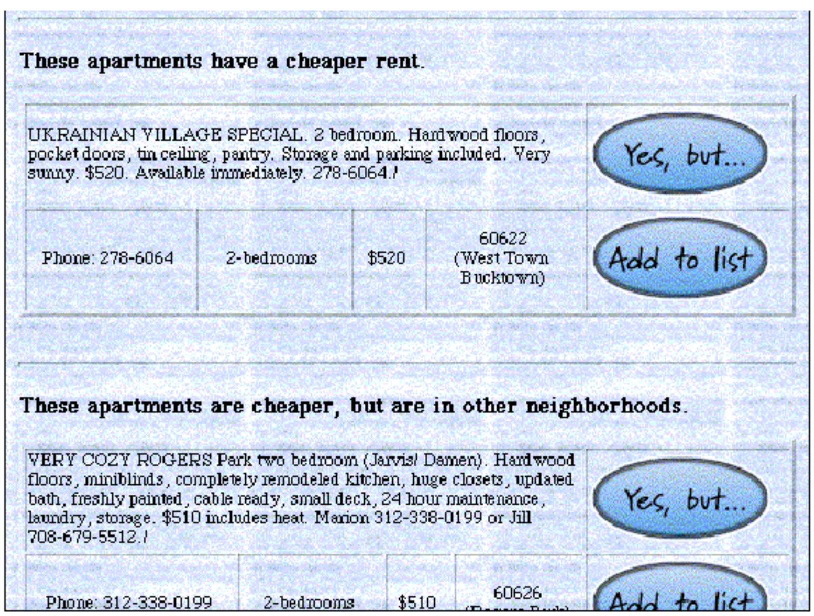



**Figure 4.24.** Suggestions de RentMe

RentMe prend en compte qu'il est très difficile pour l'utilisateur de spécifier précisément et complètement toutes les caractéristiques qu'il attend de l'appartement recherché, mais par contre il est assez facile d'analyser un exemple de descriptions et demander « quelque chose pareil, mais plus grand et dans un autre quartier où il y a plus de commerce ». Evidemment, le système doit posséder d'autres connaissances que celles du domaine des locations. Pour l'exemple précédent, il doit avoir des connaissances sur la ville et ses quartiers pour satisfaire la dernière préférence de l'utilisateur et trouver un appartement dans un quartier de commerces.

Une différence principale de RentMe est qu'il commence à travailler non pas à partir d'une base de données, mais à partir d'un fichier contenant le texte en langage naturel de descriptions des locations. Le système construit la base de données à partir de ces textes en utilisant une analyse grammaticale pour en extraire des traits concrets. Après avoir effectué une telle analyse, le système est capable de distinguer, par exemple, les phrases « sans chiens » et « chiens acceptés » et de les traiter ensuite de façon adéquate dans les requêtes des bases de données, ce qui n'est pas possible par les méthodes traditionnelles de mots clés utilisées par les bases de données conventionnelles. Notons que quelques aspects de l'information textuelle (en général 20%) sont pourtant omis après cette transformation.

L'application PickAFlick [Burke et al., 97] de FindMe permet à l'utilisateur de naviguer dans une base de 80000 films vidéos (12Mbytes d'information) et d'y choisir des films à louer. L'interface du système est organisée comme une séquence d'étagères divisées en catégories. L'utilisateur possède certains outils pour construire des requêtes en cherchant parmi les étagères. Une fois une étagère choisie, l'utilisateur peut y sélectionner un film et regarder l'information additionnelle sur l'histoire, la liste des acteurs, le metteur en scène, etc.

Le mécanisme de recherche est implémenté par un ensemble d'agents nommés *clercs*. Les utilisateurs sont généralement expérimentés en matière de recherche d'information et n'ont pas vraiment besoin d'aide à la navigation en début de séance. Le système propose d'introduire un titre de film préféré et s'occupe d'en retrouver d'autres, semblables. Ainsi les clercs restent passifs jusqu'à ce que l'utilisateur choisisse un film particulier à examiner. Dans ce cas quatre clercs recherchent et suggèrent d'autres films relatifs à celui choisi par l'utilisateur : un clerc cherche les films de genre similaire, le deuxième construit ses suggestions en se basant sur l'analyse des acteurs, le troisième - en cherchant des metteurs en scène, et le quatrième, l'agent de collaboration, compare le profil d'utilisateur avec d'autres profils. L'utilisateur est toujours libre d'accepter ou d'ignorer les suggestions des clercs.

L'incorporation des « pinces » dans l'interface de PickAFlick semble être assez difficile à réaliser, car il existe trop de « dimensions » à préciser dans ce domaine. Par exemple, si l'utilisateur aime bien le film « Retour vers le Futur », que peut-on lui proposer de *similaire* ? La suite, « Retour vers le Future II » ? Un autre film de même genre où un personnage tombe dans une situation inhabituelle, comme « Crocodile Dundee », ou bien « Time after time », un autre film de voyage dans le temps ? Peut être l'utilisateur sera ravi d'avoir « Qui a tué Roger Rabbit », un autre film tourné par Robert Zemeckis ? Ou voudrait-il voir d'autres films où Michael J.Fox joue le rôle principal ? Ces types de précisions ont été implantés à travers d'icones (de « pinces ») représentant quatre types de clercs. Mais si l'utilisateur cherche quelque chose de « moins violent », ou « plus musical », ou « sans M.J.Fox », comment présenter ces types de « pinces » ? Finalement les auteurs ont résolu ce problème de « multi-dimensions de recherches » en autorisant les utilisateurs à construire leurs propres « pinces » en langage naturel. Une technique simple d'analyse des phrases en langage naturel permet de reconnaître les « pinces » particulières des utilisateurs.

Les concepteurs de l'approche FindMe n'ont pas encore démontré son efficacité dans un sens formel. Ils envisagent de créer une base de données standard pour comparer les performances des utilisateurs effectuant des mêmes tâches à l'aide de FindMe et sans une telle aide. Actuellement, la base de connaissances pour chaque application basée sur l'approche de FindMe doit être codée comme une structure établie a priori. Les auteurs envisagent de développer maintenant une version plus flexible d'un générateur d'applications qui va acquérir et manipuler des structures de connaissances déclaratives pour n'importe quel domaine.

L'approche de FindMe diffère d'autres méthodes d'utilisation de rétroactions d'utilisateur à la fois par sa flexibilité et par son efficacité. Ces rétroactions sont obtenues par les agents grâce aux « pincements ». L'utilisateur ne demande pas plus d'information *semblable* à celle qu'il vient d'obtenir, comme cela se passe dans beaucoup de systèmes d'analyse de rétroactions ; mais, au contraire, il cherche une information *différente* de celle qu'il voit de quelque façon que ce soit. Lorsque dans d'autres approches l'utilisateur choisit un document entier pour en recevoir d'autres similaires, dans FindMe il envoie la *rétroaction détaillée* à propos d'une des particularités du domaine, utilisée dans le processus de recherche.

Ainsi, les agents de type FindMe expriment clairement les avantages d'utilisation des bases de connaissances des domaines particuliers sur le Web. Ils permettent d'identifier les caractéristiques particulières des objets recherchés par l'utilisateur, de comparer ces caractéristiques avec d'autres dans l'espace d'information et de répondre à des buts très précis de l'utilisateur. Utilisant les connaissances du domaine, les agents FindMe aident l'utilisateur à re-formuler et à spécifier son but de recherche et donc à diriger la navigation dans un sens « raisonnable ». Par conséquent, les agents qui se basent sur les connaissances du domaine sont plus puissants que les agents assistant la navigation globale sur le Web dépourvus de celles-ci.

A notre connaissance, il n'y a plus d'autre agents sur le Web assistant la navigation au sein d'applications particulières. Ainsi, après avoir présenté les originalités de notre agent SAGE appartenant à cette classe, nous le comparerons avec FindMe et avec d'autres agents de navigation adaptative, comme Active Browser et HYPERFLEX, fonctionnant dans les environnements locaux (5.4.).

### *4.3.4. SAGE comme un nouveau type d'agents actifs sur le Web*

SAGE (**S**ATELIT **AGE**NT) [Akoulchina et al, 97a], [Akoulchina et Ganascia, 97b], [Akoulchina et Ganascia, 97c], [Akoulchina et Ganascia, 98], est un agent de l'interface adaptative du système SATELIT fonctionnant dans l'environnement du Web. Il assiste le processus de navigation adaptative en apprenant le but final de l'utilisateur à partir de ses actions au fur et à mesure qu'il explore l'espace d'information. Le principe général de SAGE est de combiner les méthodes statistiques des agents de navigation autonome fonctionnant sur tout l'espace Web, avec les connaissances du domaine particulier d'une application élaborée à l'aide de SATELIT. SAGE bénéficie donc des avantages d'une approche complémentaire : il intègre des méthodes d'analyse du comportement de l'utilisateur avec des techniques de systèmes basés sur les connaissances (figure 4.25.) :

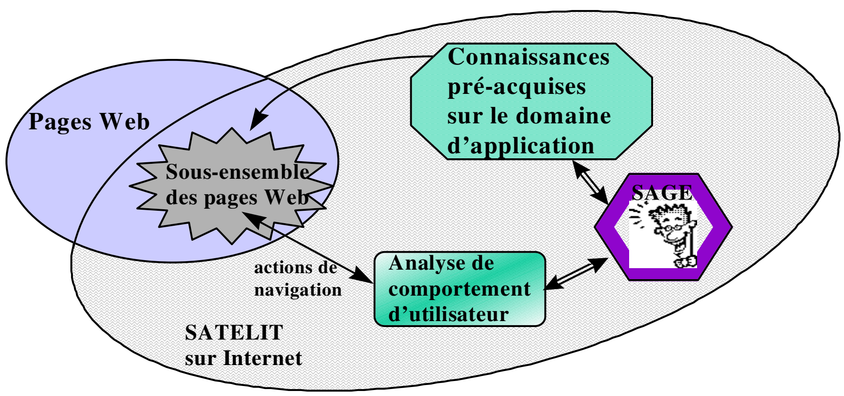



**Figure 4.25.** Intégration des méthodes d'analyse du comportement d'utilisateur avec des techniques de systèmes basés sur les connaissances par SAGE

C'est un exemple d'agent de troisième type dont la sphère d'activité est limitée à une application sur le Web (§ 4.3.3.), car il est aussi basé sur le modèle précis des connaissances du domaine de SAGE. Contrairement aux agents du premier et deuxième types, il ne représente pas une page Web comme un « sac de mots », mais tient compte de la sémantique du texte analysé, en s'appuyant sur les connaissances formelles. Mais à la différence d'autres agents dont la sphère d'activité est limitée à une application Web, SAGE préserve la nature non-astreignante des agents autonomes de tout l'espace Web : il n'adapte pas le contenu des pages Web de manière obligatoire, mais suggère seulement les actions suivantes de navigation. En plus il profite de l'utilisation des méthodes d'apprentissage traditionnelles utilisées par les agents autonomes, en ne se restreignant qu'à l'application de la base de connaissances du domaine, comme le font d'autres agents de navigation adaptative (figure 4.26.) :

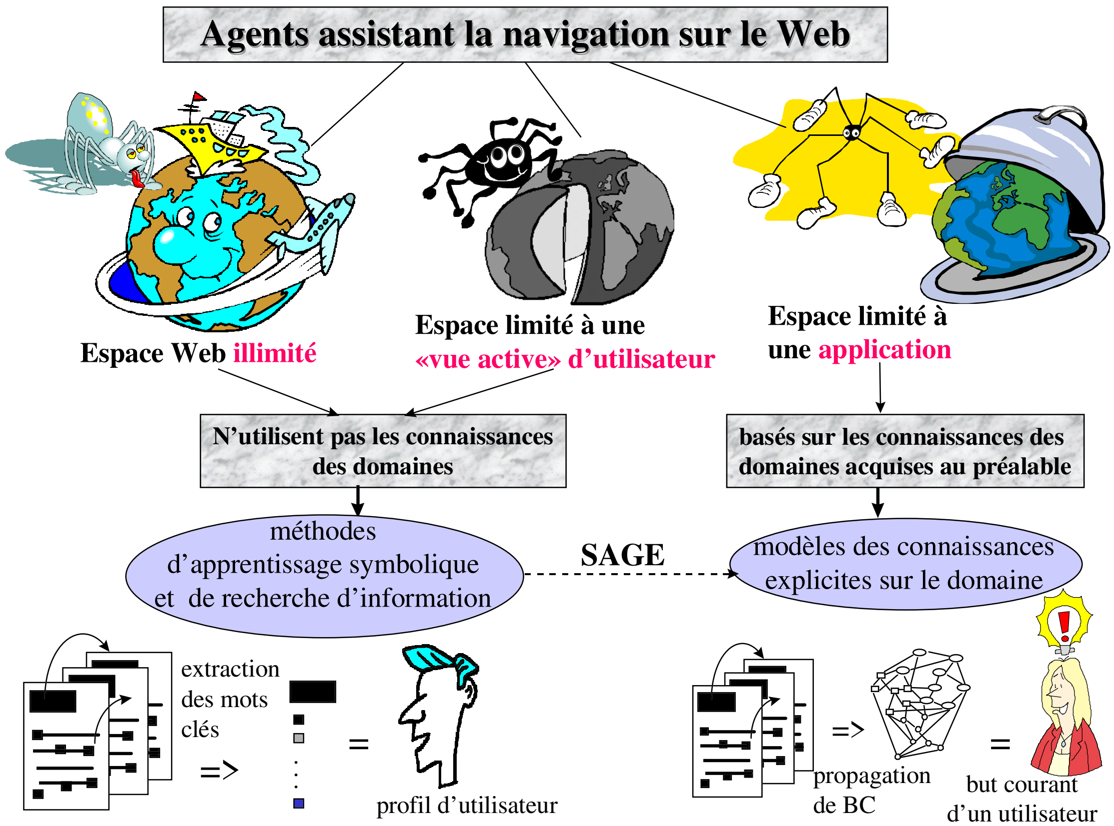



**Figure 4.26.** Différence des méthodes utilisées par les agents de trois types et particularité de SAGE

Pour mieux comprendre le fonctionnement de SAGE, considérons maintenant un exemple d'interactions de l'utilisateur avec SATELIT et SAGE. Le but des interactions de l'utilisateur est d'identifier une orchidée et de trouver une page Web consacrée à sa description. L'utilisateur ne connaît pas la classe de cette orchidée et, en outre, il ne connaît pas la terminologie du domaine. Par conséquent, il ne peut pas formuler sa demande de recherche précisément et préfère une stratégie de navigation simple pour « tomber par hasard » sur l'information recherchée. SAGE observe ses actions de navigation « aléatoire » et essaie d'inférer ses intentions de recherche.

Un utilisateur commence à communiquer avec SATELIT. Au début, il voit sur la page Web : une description hypermédia générale de la famille *Orchidées*, l'outil de navigation dans la Taxinomie et une première suggestion de SAGE (figure 4.27.) :

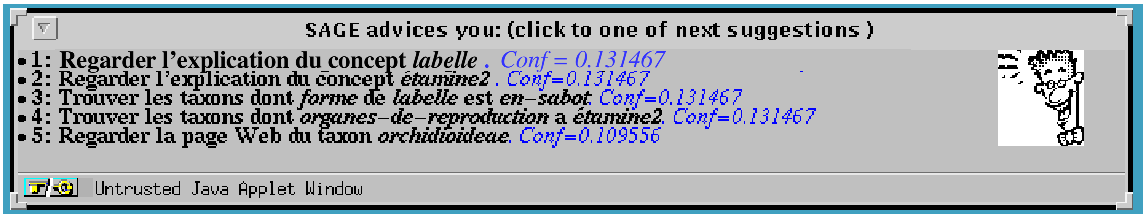



**Figure 4.27.** Premières suggestions de SAGE

Supposons que l'utilisateur choisisse le premier conseil dans la liste, qu'il clique dessus, et se retrouve dans la page Web du Glossaire qui donne les explications de la structure de *labelle* et de ses différentes formes. Après avoir lu ces explications, l'utilisateur sait désormais exprimer que le labelle de la fleur examinée est en forme de sabot et de couleur blanche. SAGE cherche les arguments concordants à celui choisi (concept *labelle*) dans le Treillis de concepts et calcule leurs importances. Il construit le modèle d'utilisateur et, en vertu des règles, propose d'utiliser l'outil « Recherche d'information » pour préciser la demande. Pour construire des requêtes SAGE propose donc de choisir les *triplets labelle forme - en-cupule*, *labelle - couleur - blanc* ou *labelle - valeur - très-grand* dans l'outil de recherche. L'utilisateur n'accepte pas ces suggestions car il s'intéresse à la forme *en-sabot*, alors, il clique sur le *triplet labelle - forme - en-sabot* dans l'outil de Recherche. Le système trouve plusieurs taxons conformes : Paphiopedium, Cypripedioideae, Cypripedieae, Cypripedilinae, Cypripedium, Phragmopedium etc. L'utilisateur est perplexe : parmi toutes ces propositions, quel taxon choisir ? Pendant ce temps SAGE a déjà préparé de nouvelles suggestions (figure 4.28.) : visiter des pages Web consacrées à certaines orchidées (suggestions 3, 4 et 5), ou composer de nouvelles requêtes (suggestions 1 et 2).

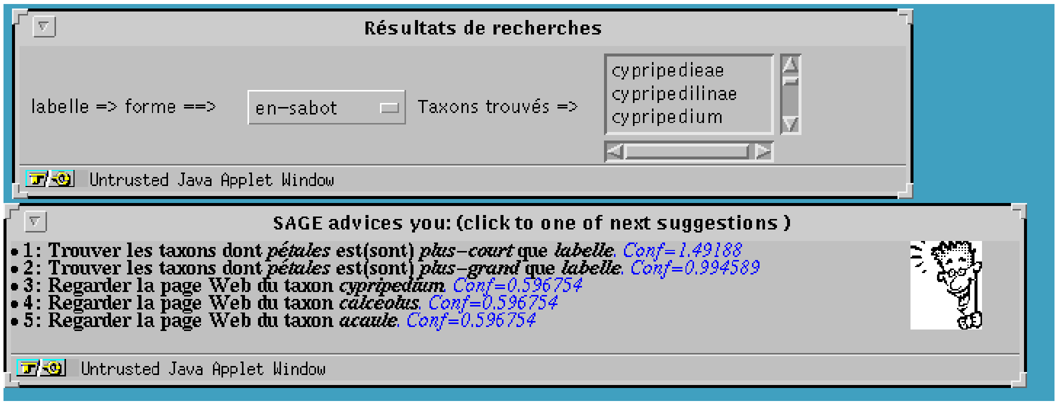



**Figure 4.28.** Résultats de recherches et nouvelles suggestions de SAGE

L'utilisateur accepte le troisième conseil et se retrouve sur la page de description du taxon *Cypripedium*. Là il voit une image de cette fleur et comprend que ce n'est pas l'orchidée recherchée et donc il continue la navigation. En même temps, SAGE analyse une nouvelle action effectuée et répète le processus de construction de suggestions. Les nouvelles suggestions sont alors préparées (figure 4.29.):

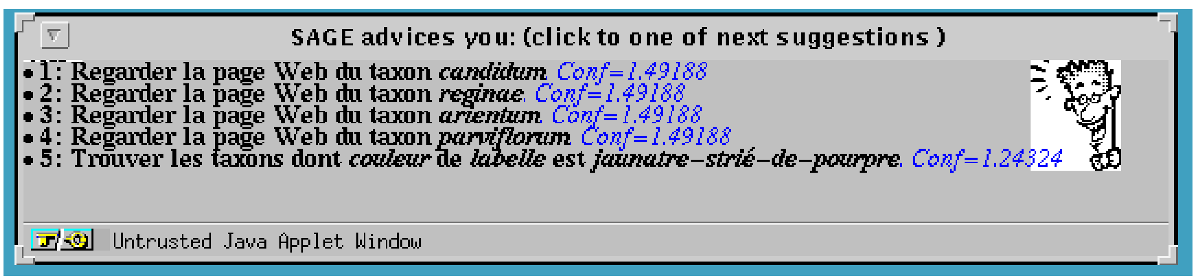



**Figure 4.29.** Nouvelles suggestions de SAGE

L'utilisateur n'accepte aucun conseil de SAGE. Il sait, que la couleur du labelle de la fleur examinée est blanche, alors il compose lui-même une nouvelle requête. Le système trouve une dizaine de taxons conformes et SAGE suggère de choisir l'une d'elles (figure 4.30.) :

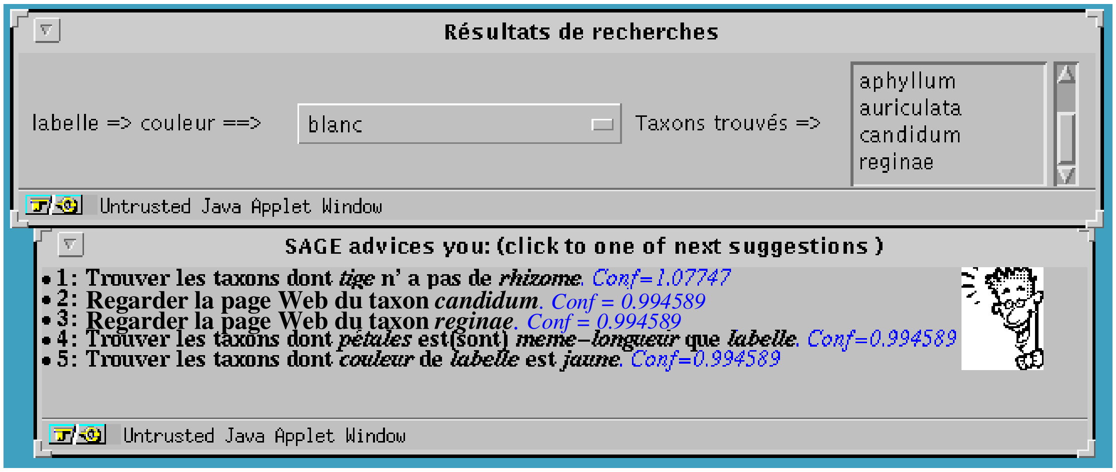



**Figure 4.30.** Résultats de recherches et nouvelles suggestions de SAGE

L'utilisateur choisit le troisième conseil et ouvre la page Web attachée au taxon *Reginae* qui le satisfait maintenant : l'utilisateur a identifié sa fleur, le processus de navigation accéléré par SAGE est enfin terminé.

SAGE est un agent utilisant le principe de l'apprentissage « amnésique » (§ 2.2.4) : il essaye d'inférer « par inertie » le but final de navigation en même temps que l'utilisateur explore l'hyper-espace. L'utilisateur se dirige d'un but *implicite,* SAGE tente donc de l'éclaircir. Son intention essentielle est d'aider l'utilisateur à s'orienter dans l'espace de navigation, d'anticiper les « bonnes » actions menant plus rapidement et efficacement à ce but final, plutôt qu'apprendre et mémoriser les caractéristiques de chaque individu consultant l'application, ses goûts et préférences, comme le font les agents adeptes du paradigme de l'apprentissage centré sur l'utilisateur. Un individu consultant à nouveau la même application de SATELIT cherche une nouvelle information et ne choisit pas les mêmes actions qu'il a faites auparavant, alors, pour inférer le nouveau but de recherche l'agent ne tirera rien de l'utilisation de l'historique de ses actions précédentes.

## 4.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents agents intelligents qui existent sur le Web et nous les avons classé en trois types principaux en fonction de leur sphère d'activité sur le Web. Nous avons exposé à l'aide de nombreux exemples les méthodes de fonctionnement des agent de chaque type. Nous avons ensuite introduit dans cette classification notre agent SAGE et expliqué pourquoi il s'agit d'un nouveau type d'agent, différent de tous ceux considérés auparavant. Nous résumons ici les particularités essentielles distinguant SAGE :

- c'est un agent du *troisième type* d'agents actifs dont la sphère d'activité est limitée à une application ;

- c'est un agent de *navigation adaptative* ;

- il *intègre* les méthodes d'apprentissage des agents actifs du premier type avec les techniques classiques d'hypermédias adaptatifs basées sur l'analyse de bases de connaissances d'un domaine d'application ;

- contrairement aux agents du premier type SAGE ne conseille pas seulement de *visiter certaines pages* jugées intéressantes pour l'utilisateur, mais aussi de *composer quelques requêtes*, ou de *regarder des explications des concepts* du domaine *inconnus de* l'utilisateur, ce qui aide à éclaircir son but final de navigation.

- SAGE applique les méthodes *d'apprentissage « amnésique »* : il essaie en même temps que l'utilisateur de découvrir son but final *implicite* de navigation pendant une session d'interactions. Il anticipe *« par inertie »* des « bonnes » prochaines actions de l'utilisateur ; une fois que la session est terminée, les connaissances apprises sont obsolètes et oubliées.

# CHAPITRE 5

# Fonctionnement de l'agent intelligent SAGE

Dans ce chapitre nous décrivons le mécanisme de fonctionnement de SAGE, l'agent intelligent du système SATELIT fonctionnant dans l'environnement du Web. Nous avons précédemment mis en évidence la nécessité de présence d'un tel agent dans ce système hypermédia (§ 3.5.). Après avoir fait une analyse étendue des agents sur Web (§ 4.3.) et après les avoir comparés avec SAGE, nous avons montré que celui-ci est un nouveau type d'agents actifs sur le Web (§ 4.3.4.). Nous décrivons ici plus précisément les particularités de SAGE. Nous commençons par une analyse des types d'actions permises à l'utilisateur-novice consultant une application développée à l'aide de SATELIT et spécifions les types d'actions que SAGE peut anticiper et suggérer (§ 5.1.). Nous continuons ensuite par une description détaillée du modèle d'utilisateur construit par SAGE dans l'intention d'apprendre son but final de navigation (§ 5.2.). Enfin, nous présentons l'architecture générale de SAGE et son algorithme de fonctionnement (§ 5.3.).

## 5.1. Analyse des types d'actions possibles

### *5.1.1. Microactions de l'utilisateur*

Comme nous l'avons déjà souligné (§ 3.4.2.), l'utilisateur-novice consulte une application développée par un expert à l'aide de SATELIT, dans l'intention d'identifier un objet particulier du domaine taxinomique, de choisir un objet de prédilection, de trouver toute information disponible sur un objet quelconque ou d'étudier la terminologie du domaine. En effectuant une telle consultation l'utilisateur peut, à l'aide des outils standards des navigateurs du Web, naviguer à travers différentes pages Web supportant les descriptions des taxons du domaine , un glossaire et des informations complémentaires sur le domaine. Il peut aussi utiliser les outils spécifiques de SATELIT permettant de composer des requêtes de recherche d'information ou de naviguer dans la taxinomie du domaine, dans le treillis des types de concepts et des types de relations et dans les graphes conceptuels décrivant formellement les taxons.

Les actions d'utilisateurs constituent un ensemble de *microactions* consistant chacune en un « clic » de souris que l'utilisateur lance dans l'environnement du Web en utilisant un des outils de SATELIT.

**Définition 5.1. [Outil de SATELIT] :** *Un instrument d'interface de SATELIT permettant à l'utilisateur de naviguer dans le réseau hypermédia supportant l'information relative à un domaine, et d'interroger la base de connaissances sous-jacentes.*

Il existe deux principaux types d'outils de SATELIT : des outils standards du Web et des outils spécifiques (§ 3.4.2.). Dans les outils standards du Web, nous différencions le navigateur des pages Web consacrées aux taxons et le navigateur des pages du Glossaire (même si tous les deux ne sont qu'un navigateur ordinaire du Web, tel que Netscape ou Mosaic). Dans les outils spécifiques, nous distinguons le navigateur de la Taxinomie, celui des Graphes Conceptuels et celui du Treillis des types de concepts et un outil de recherche d'information.

Chaque outil, quel qu'il soit - un outil du Web un outil propre à SATELIT, traite un certain type *d'argument*.

**Définition 5.2. [Argument d'un outil de SATELIT] :** *Une entité de la base de connaissances de SATELIT qu'un outil d'interface examine pendant des interactions de l'utilisateur. Il existe trois types d'arguments des outils de SATELIT : <taxon>, <concept>*[1] *et <triplet>.*

**Définition 5.3. [Microaction] :** *Une interaction **M** de l'utilisateur correspondant à un simple « clic » de souris, entraînant peut-être d'autres microactions. M est un couple **{O, A}** où **O** est un outil et **A** est son argument : **M = {O, A}**.*

Par exemple, si l'utilisateur clique sur un hyper-lien dans une page Web, qui mène à l'ouverture d'une nouvelle page Web, il effectue une microaction {<Navigateur dans la page Web>, <hyper-lien>}.

Pour un type d'outil seule l'utilisation de certains types d'arguments est possible (§ 3.4.2.). On distingue ainsi neuf types de microactions.

Ainsi, avec le navigateur standard du Web sur une page dédiée à un taxon particulier, l'utilisateur peut cliquer sur un hyper-lien (un argument) qui mène soit vers une autre page Web consacrée à un autre taxon, soit vers la page du glossaire, à l'endroit où cet argument est expliqué. Dans le premier cas, le lien (et l'argument) est de type <taxon>, dans le deuxième il est de type <concept>. Deux types de microactions sont donc possibles si l'utilisateur travaille avec l'outil « Navigateur dans la page Web » : (<Navigateur dans la page Web>, <taxon>) si l'utilisateur en étant dans la page dédiée à un taxon clique sur un hyper-lien menant vers la page décrivant un autre taxon, et (<Navigateur dans la page Web>, <concept>) si l'hyper-lien mène à la page du glossaire où ce concept cliqué est expliqué.

Avec l'outil « Navigateur dans le Glossaire » l'utilisateur peut choisir comme argument un hyper-lien menant à la page décrivant un taxon quelconque, ou à un autre

---

[1] Le type d'argument <concept> désigne un type de concept

endroit de la même page du glossaire, expliquant un autre concept du domaine. Dans le premier cas il s'agit du troisième type de microactions (<Navigateur dans le Glossaire>, <taxon>) ; dans le seconde, du quatrième type de microactions (<Navigateur dans le Glossaire>, <concept>).

Avec l'outil spécifique de SATELIT « Navigateur dans le treillis des types de concepts », l'utilisateur peut cliquer sur un des carrés représentant un des types de concepts, pour se retrouver dans la page du glossaire l'expliquant. Il s'agit du cinquième type de microactions (<Navigateur dans le Treillis des types de concepts>, <concept>).

De même que le « Navigateur dans le Treillis des types de concepts », l'outil « Navigateur dans un Graphe Conceptuel » ne prend qu'un seul type d'argument, <concept>. En choisissant un type de concepts dans cet outil (cliquant dessus), l'utilisateur se retrouve dans la page du glossaire à l'endroit où il est expliqué. Il s'agit du sixième type de microactions (<Navigateur dans le Graphe Conceptuel>, <concept>).

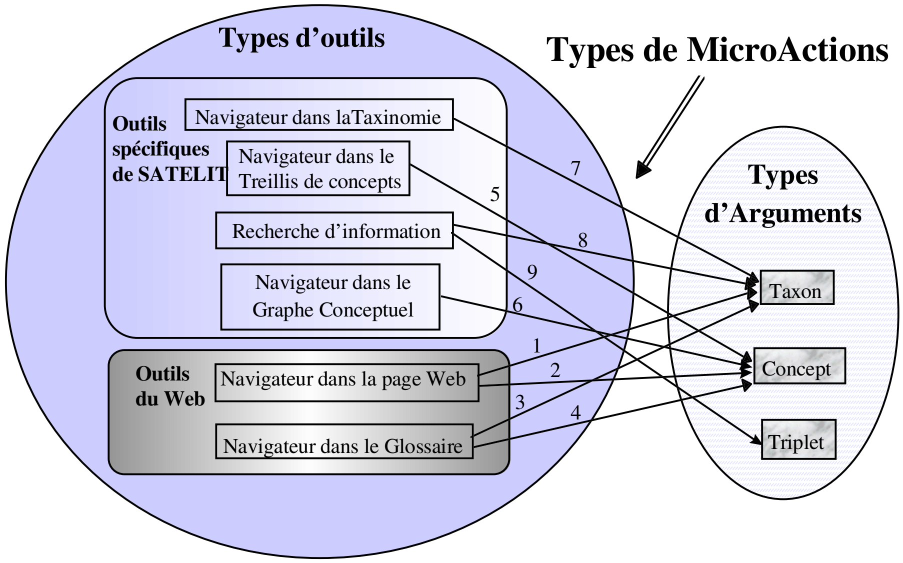
L'outil « Navigateur dans la Taxinomie » ne prend qu'un seul type d'argument : <taxon>. En choisissant un taxon dans le navigateur de la taxinomie, l'utilisateur décide soit d'aller voir sa page Web, soit d'ouvrir le navigateur de son graphe conceptuel. Dans les deux cas il s'agit du septième type de microactions (<Navigateur dans la Taxinomie>, <taxon>).

L'outil « Recherche d'information » peut prendre deux types d'arguments : <triplet> et <taxon>. Après avoir effectué une recherche d'information à l'aide de cet outil, l'utilisateur peut choisir un des taxons dans la liste des taxons conformes à sa requête ; il s'agit du huitième type de microactions (<Recherche d'Information>, <taxon>). Afin de composer une telle requête l'utilisateur choisit un des triplets[1] dans l'outil de recherche d'information. Il s'agit du neuvième type de microactions (<Recherche d'Information>, <taxon>).

---

[1] en cliquant tout simplement dessus

La figure 5.1. ci-dessous synthétise la présentation de neuf types de microactions que peut effectuer l'utilisateur avec les six types d'outils d'interactions dont dispose SATELIT et les trois types d'arguments possibles pour ces outils :




1. Cliquer sur un hyper-lien de type <taxon> dans la page Web consacrée à un taxon;
2. Cliquer sur un hyper-lien de type <concept> dans la page Web consacrée à un taxon;
3. Cliquer sur un hyper-lien de type <taxon> dans la page du Glossaire;
4. Cliquer sur un hyper-lien de type <concept> dans la page du Glossaire;
5. Cliquer sur un carré de type <concept> dans le navigateur du Treillis des types de concepts;
6. Cliquer sur un carré de type <concept> dans le navigateur de Graphe Conceptuel;
7. Cliquer sur un carré de type <taxon> dans le navigateur de la Taxinomie;
8. Cliquer sur une ligne de type <taxon> dans la liste de résultats de l'outil de Recherche d'Information;
9. Cliquer sur un ovale de type <triplet> dans l'outil de Recherche d'Information;

**Figure 5.1.** Types des microactions

### *5.1.2. Macroactions de l'utilisateur*

L'accomplissement de certaines microactions implique d'autres microactions consécutives ; une telle séquence de microactions liées constitue une *macroaction.*

**Définition 5.4. [Macroaction] :** *La dernière action réalisée dans une séquence de microactions effectuées après un seul « clic » de souris de l'utilisateur.*

Il existe trois types de macroactions :

1. Ouvrir une page Web consacrée à un taxon ;

2. Ouvrir une page du glossaire à l'endroit où un concept est expliqué ;

3. Composer une requête dans l'outil de Recherche d'Information.

Les microactions de types 1, 3, 7 et 8 impliquent toutes une macroaction de type 1, les microactions de types 2, 4, 5 et 6 entraînent toutes la microaction du type 2. La microaction de type 9 n'entraîne pas d'autres microactions et correspond au troisième type de macroactions. Considérons par exemple, une microaction de type 2 où l'utilisateur clique sur un hyper-lien de type concept en étant dans la page Web consacrée à un taxon. Il se retrouve alors automatiquement sur la page du glossaire à l'endroit où ce concept est expliqué, ce qui correspond à une macroaction de type 2. De même, si l'utilisateur effectue une microaction de type 5 et clique sur un type de concept dans le navigateur du treillis, la macroaction de type 2 est aussitôt effectuée. Ou encore, en choisissant un taxon dans la liste des taxons conformes à une requête (microaction du type 8), la macroaction de type 1 (l'ouverture de la page Web consacrée au taxon choisi) est effectuée.

### *5.1.3. Types de suggestions*

Une suggestion **S** de l'agent intelligent SAGE est la proposition d'une action. La représentation d'une suggestion de SAGE est donc identique à celle d'une action : un couple **S = {O, A}**. Ainsi, afin de construire une suggestion, SAGE doit trouver des réponses à ceux deux questions suivantes :

**1. Quel *outil* proposer à l'utilisateur d'explorer ?**

**2. Quel *argument* lui conseiller d'utiliser dans cet outil ?**

Une suggestion étant la proposition d'une action comme les autres, il existe autant de types de suggestions que de types de microaction. Mais les suggestions de certains types peuvent être non significatives : par exemple, conseiller à l'utilisateur de cliquer sur un type de concept dans le navigateur du Treillis des types de concepts n'est pas intéressant, car c'est la même chose que conseiller directement d'aller voir l'explication de ce type de concept dans la page du glossaire. SAGE se limite donc à trois types de suggestions correspondant à trois types de macroactions.

Ces trois types de suggestions se distinguent par les types d'arguments différents utilisés dans les outils : le type *taxon* caractérise la macroaction de type 1 (Ouverture d'une page Web), le type concept caractérise la macroaction de type 2 (Ouverture d'une page du glossaire pour un concept particulier) et le type *triplet* caractérise la macroaction de type 3 (composition d'une requête correspondant au triplet). Ainsi, *le type d'argument définit le type d'outil et le type de suggestion à former :* il suffit de trouver le type d'argument pour construire toute une suggestion. Afin de rendre ces trois types des suggestions plus lisibles et compréhensibles à l'utilisateur, SAGE les représente sous les formes suivantes[1] (pour chaque type de suggestion nous donnons des exemples entre parenthèses) :

1. Regarder la page Web consacrée au *T* (Regarder la page Web consacrée au *Cypripedium Calceolus*) ;

2. Regarder dans le glossaire l'explication du *C* (Regarder l'explication du *labelle*) ;

3a. Trouver les taxons dont $C_1$ possède $C_2$ (Trouver les orchidées dont la *partie-aérienne* possède une *feuille*) ;

3b. Trouver les taxons dont $C_1$ ne possède pas $C_2$ (Trouver les orchidées dont les *organes-des-reproductions* ne possèdent pas un *staminode*) ;

3c. Trouver les taxons dont *R* du concept $C_1$ caractérise $C_2$ (Trouver les orchidées dont *forme* de *labelle* est *en-sabot*) ;

3d. Trouver les taxons dont $C_1$ est en relation de comparaison *R* avec $C_2$ (Trouver les orchidées dont le *labelle* est *plus-court* que les *pétales*).

Les premier et deuxième types de suggestions correspondent aux deux premiers types de macroactions. Le troisième type de macroaction (« composer une requête sous la forme d'un triplet $<C_1$ - R - $C_2>$ ») se décompose en quatre sous-types de suggestions 3a, 3b, 3c et 3d selon la relation R liant les deux concepts du triplet. Les sous-types 3a et 3b correspondent à une relation R de super-type <présence_de_composant>, le sous-type 3c à une relation R de super-type <caractérisé> et le sous-type 3d à la relation R de super-type <comparaison>.

## 5.2. Construction du modèle d'utilisateur

### *5.2.1. Arguments servis, arguments concordants et leur importance*

Le modèle d'utilisateur construit par SAGE lors des observations des interactions de l'utilisateur de SATELIT est fondé sur la structure du réseau organisé par la base de connaissances de SATELIT (cf. figure 3.18.). Cinq noeuds composant ce réseau : TAXINOMIE, TAXON, TERMINOLOGIE, RECHERCHE_D'INFORMATION et PRIMITIVE (§ 3.3.6.) se sont formés par trois types de noeuds élémentaires <Taxon>, <Concept> et <Triplet>. Ces trois types de noeuds élémentaires sont liés entre eux par les différents types de relations, comme le montre la figure 5.2.

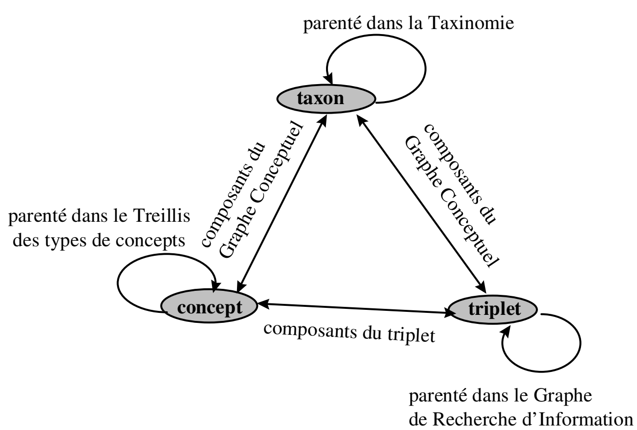



**Figure 5.2.** Liens entres les types de noeuds élémentaires du réseau organisé par la base de connaissances de SATELIT

Les noeuds élémentaires de type <Taxon> liés entre eux par les relations de paternité de la taxinomie, constituent les noeuds de types TAXINOMIE et TAXON ; les noeuds

[1] T signifie un taxon, C, $C_1$, et $C_2$ - des concepts, R - une relation

élémentaires de type <Concept> constituent les noeuds de types TERMINOLOGIE et PRIMITIVE ; et les noeuds élémentaires de type <Triplet> constituent le noeud de type RECHERCHE_D'INFORMATION. Les noeuds élémentaires de type <Taxon> sont liés aux noeuds élémentaires de type <Concept> par des relations de jointure et de restriction dans les graphes conceptuels décrivants les taxons (§ 3.3.3.). Les noeuds élémentaires de type <Triplet> sont liés aux noeuds élémentaires de type <Taxon> par les relations de décomposition et de généralisation établies lors de la construction du graphe de recherche d'information (§ 3.3.5.). Les noeuds élémentaires de type <Concept> sont liés aux noeuds élémentaires de type <Triplet> par les relation de composition des triplets dans les graphes conceptuels (§ 3.2.2.). Ces trois types de noeuds élémentaires liés entre eux par différents types de relations forment un réseau appelé hypergraphe. La figure 5.3. ci-dessous représente un fragment de l'hypergraphe de SATELIT :

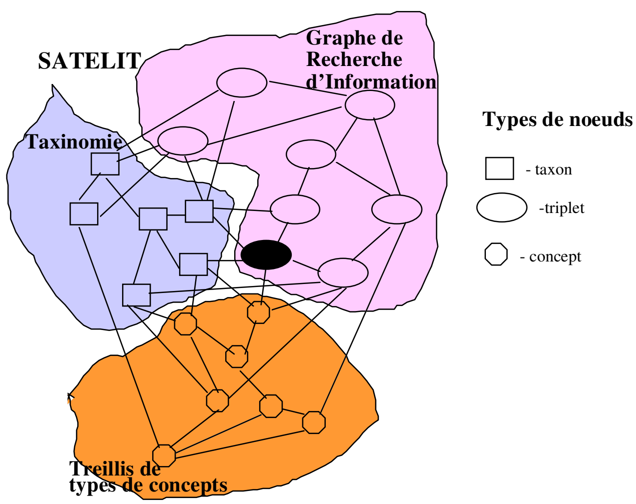



**Figure 5.3.** L'hypergraphe organisé par la base de connaissances de SATELIT

**Définition 5.5. [Hypergraphe de SATELIT] :** *Un réseau organisé par tous les noeuds élémentaires de la base de connaissances de SATELIT*

Les trois types de noeuds élémentaires correspondent aux trois types d'arguments utilisés dans les outils d'interaction de l'utilisateur avec le système. Le réseau organisé par la base de connaissances de SATELIT peut ainsi être représenté comme un hypergraphe *d'actions possibles* de l'utilisateur où les noeuds correspondent aux types d'arguments des outils dans les actions.

A chaque instant, l'utilisateur peut choisir un noeud dans cet hypergraphe comme argument d'un outil utilisé. Par exemple, sur la figure 5.3. ci-dessus, l'ovale noir représente un noeud utilisé comme argument d'une action accomplie[1]. On l'appelle un *argument servi* :

**Définition 5.6. [Argument servi] :** *L'argument directement choisi par l'utilisateur dans un outil pendant une interaction.*

Ces arguments servis organisent un sous-réseau de l'hypergraphe de SATELIT. Ce sous-réseau des arguments servis est non nécessairement connexe, car à chaque microaction l'utilisateur a accès à n'importe quel type d'argument : tous les noeuds de l'hypergraphe de SATELIT sont accessibles, quel que soit leur type.

En analysant le sous-réseau des arguments servis dans les microactions, SAGE peut « animer » certains liens menant à des noeuds voisins dans l'hypergraphe que nous appelons des *arguments concordants*.

**Définition 5.7. [Arguments concordants] :** *Des arguments sont dits concordants si les noeuds élémentaires les représentant dans l'hypergraphe ont des liens communs.*

La recherche des arguments concordants pour un argument servi est un processus *de propagation d'un sous-réseau sur l'hypergraphe*. La figure 5.4. montre la formation d'un tel sous-réseau lors d'un processus de propagation des arguments concordants.

[1] L'exemple de la figure 5.3. signifie que l'utilisateur a composé une requête correspondant au triplet noir

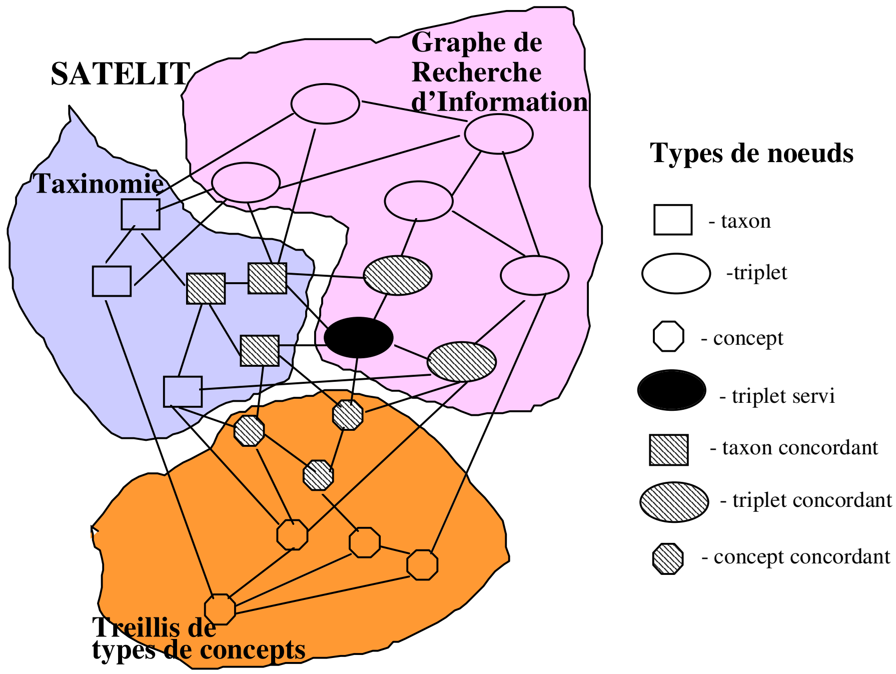



**Figure 5.4.** Propagation d'un sous-réseau des arguments concordants sur l'hypergraphe

Sous l'hypothèse que les actions de l'utilisateur sont *raisonnables*[1] et qu'elles ont impliqué l'emploi de tels arguments servis, SAGE détermine les arguments concordants *candidats aux suggestions* de prochaines actions. On suppose en effet, que si l'utilisateur s'intéresse à de tels arguments, il va probablement s'intéresser à leurs « voisins ». Par exemple, s'il se renseigne dans le glossaire sur la signification du terme labelle, il songera certainement à connaître aussi la définition du terme périanthe ou bractée ; s'il cherche les orchidées de couleur jaune, peut être sera-t-il aussi intéressé par les plantes jaunâtre ou jaune striés de pourpre, etc.

Les différents arguments concordants retrouvés lors d'un processus de propagation d'un sous-réseau ont des « forces » différentes dans le réseau formé : plus un tel argument est « proche » de l'argument servi, plus il est « important » comme candidat potentiel à une suggestion. Par exemple, le triplet {[labelle :] → (couleur) → [blanc :]} est plus « proche » du triplet {[labelle :] → (forme) → [en_sabot :]} que le triplet {[tige :] → (couleur) → [rougeâtre :]} - il est préférable de conseiller à l'utilisateur de composer une nouvelle

[1] les actions sont raisonnables si elles sont toutes soumises à un but implicite qui ne change pas lors d'une session des interactions

requête sur le même concept « labelle » que de lui suggérer de regarder les orchidées dont la couleur de tige est rougeâtre. Les types de relations liant des noeuds élémentaires dans l'hypergraphe influent aussi sur la « force » des noeuds correspondant aux arguments dans le sous-réseau propagé. Ainsi, si l'utilisateur a effectué une action pour regarder dans le glossaire la signification du terme « périanthe », il est plus pertinent de lui suggérer de composer une requête basée sur ce concept, par exemple « Trouver des orchidées dont le périanthe est de forme étalée », que de lui conseiller d'aller voir la signification d'un autre terme « bractée » - les relations de type « concept - triplet » sont « plus importantes » que les relations de type « concept - concept ». En se basant sur de telles heuristiques pour mesurer la proximité de deux noeuds dans l'hypergraphe, un argument servi et un argument concordant, nous définissons l'*importance* d'un argument concordant.

**Définition 5.8. [Importance d'argument] :** *mesure heuristique empirique évaluant sur une échelle allant de 0 à 1 la proximité d'un argument concordant à un argument servi. Par défaut, l'importance d'un argument servi est maximale et égale 1.*

Ainsi, on *pèse* les noeuds du réseau en leur associant des poids signifiant leur *intérêt courant* pour l'utilisateur. Naturellement, plus le poids d'un argument concordant (et non servi jusqu'à présent) est élevé, plus cet argument a de chances d'être choisi par l'agent comme candidat pour une prochaine suggestion. L'importance d'un argument n'est qu'un seul composant de son poids ; nous examinons les autres dans la partie suivante (§ 5.2.2.).

Un sous-réseau propagé sur l'hypergraphe des arguments servis et de leurs arguments concordants, estimés tous par leurs poids, constitue *un modèle courant d'utilisateur*. Ce modèle d'utilisateur est *dynamique* puisque le sous-réseau change après chaque action de l'utilisateur. La nature de ces changements est double : le sous-réseau augmente lors d'une propagation de l'hypergraphe et les poids associés aux noeuds sont modifiés.

**Définition 5.9. [Modèle d'utilisateur] :** *un sous-réseau pondéré (non nécessairement connexe) propagé sur l'hypergraphe organisé par la base de connaissances du domaine. Ce sous-réseau est constitué par des noeuds de trois types : « Taxon »,*

*« Concept » et « Triplet » correspondant aux arguments servis dans les actions de l'utilisateur et à leur arguments concordants.*

### *5.2.2. Recherche des arguments concordants*

Afin de retrouver les arguments concordants le moteur de SAGE utilise un mécanisme de propagation sur l'hypergraphe de la base de connaissances de SATELIT. Dès que l'utilisateur a effectué une action SAGE analyse l'argument servi $\boldsymbol{A_s}$ et cherche par propagation de l'hypergraphe un ensemble de $\boldsymbol{n}$ arguments concordants $\boldsymbol{\{A_1, A_2, \ldots A_n\}}$, où $\boldsymbol{n \in 1 \ldots N}$, $\boldsymbol{N}$ étant le nombre de noeuds élémentaires de l'hypergraphe, c'est-à-dire le nombre de tous les taxons, concepts et triplets de la base de connaissances du domaine. Le type d'argument servi influe sur la procédure de propagation de l'hypergraphe. Comme il existe trois types d'arguments servis, il existe également trois types de procédures de recherche des arguments concordants.

#### *5.2.2.1. Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « taxon ».*

Dans le cas où l'utilisateur effectue une macroaction de type 1 suscitant l'ouverture d'une page Web dédiée à un *taxon* particulier du domaine d'application, l'argument servi est de type « taxon ». L'utilisateur peut choisir un taxon :

- directement à l'aide du navigateur dans la taxinomie ;
- dans la liste des taxons conformes à une requête de recherche d'information ;
- en cliquant sur un hyper-lien de type « taxon » dans une page Web consacrée à un taxon ;
- en cliquant sur un hyper-lien de type « taxon » dans la page du glossaire.

Dans le sous-réseau du modèle d'utilisateur, SAGE marque le noeud correspondant à l'argument servi de type « taxon » et cherche ses arguments concordants comme le montre la figure 5.5. :

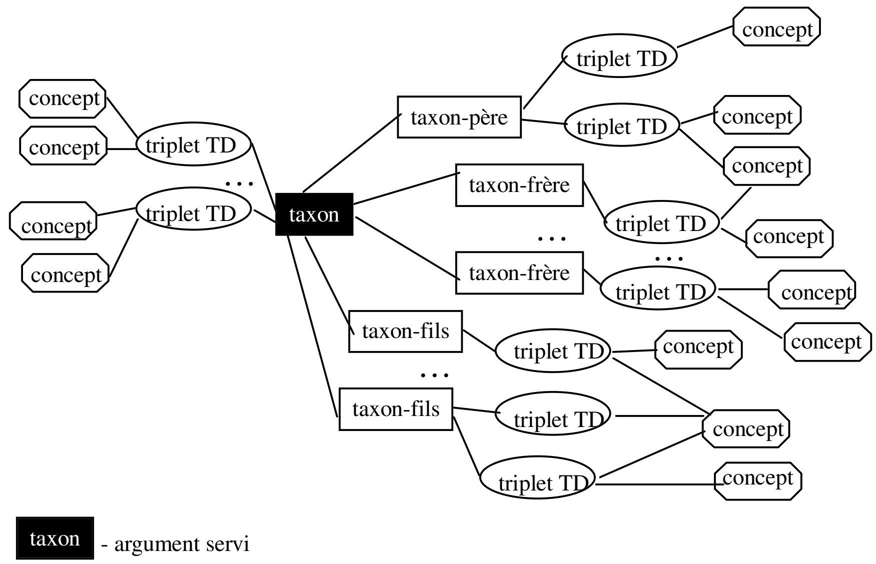



**Figure 5.5.** Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « taxon ».

1. SAGE retrouve d'abord les arguments de type « taxon » ayant des liens de parenté dans la taxinomie avec le taxon servi : son taxon père, ses taxons frères et ses taxons fils. Bien sûr, les mesures heuristiques d'*importance* associées aux arguments concordants retrouvés seront différentes. Sous l'hypothèse que l'utilisateur cherche plutôt les taxons de niveaux inférieurs (plus spécifiques) de la taxinomie, SAGE leur accorde les importances les plus élevées. Après avoir effectué plusieurs expériences, SAGE déduit les importances suivantes : O.4 pour le taxon père, 0.5 pour les taxons frères et 0.6 pour les taxons fils. Ce sont les importances associées aux taxons concordants qui occupent dans la taxinomie des niveaux inférieurs aux deux tiers de sa profondeur[1]. Pour notre application au domaine d'orchidologie, ce seront les genres et les espèces, se trouvant respectivement aux niveaux 5/6 et 6/6 de la taxinomie comptant 6 niveaux de profondeur. Si le niveau d'un taxon dans la taxinomie est supérieur aux deux tiers de sa profondeur, les importances associées aux taxons concordants diminuent de 10% par rapport à celles décrites ci-dessus.

2. Pour le taxon servi et pour les taxons trouvés concordants, SAGE cherche les triplets concordants, c'est-à-dire les traits discriminants TD associés aux taxons et les distinguant de leurs frères dans la taxinomie. Ces traits décrits par les triplets de type <triplet_discriminant> sont regroupés dans l'arbre d'identification (§ 3.3.4.). Afin de retrouver les triplets concordants pour un taxon, SAGE examine alors le graphe conceptuel décrivant ce taxon et en extrait les triplets typés comme discriminants. Pour un argument de type « taxon » d'importance ***I***, l'importance de chacun des triplets concordants sera égale *I*1,2*.

3. SAGE « anime » enfin les concepts concordants qui sont les composants de tous les triplets concordants retrouvés précédemment[2]. La procédure de recherche des arguments concordants dans ce cas est très facile. SAGE décompose le triplet en ses trois composants et associe au premier (premier concept) une importance égale à 0.2, et au troisième (deuxième concept), s'il n'est pas du super-type <caractéristique :>, une importance égale à 0.3. SAGE ne propage pas sur l'hypergraphe les concepts de super-type <caractéristique :> et ne les introduit pas dans le sous-réseau du modèle d'utilisateur, puisque les suggestions basées sur de tels arguments sont redondantes : conseiller à l'utilisateur de consulter une explication du terme « grand » ou « rouge » n'est pas pertinent.

*5.2.2.2. Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « concept »*

L'argument servi de type « concept » est appliqué dans la macroaction de type 2, lorsque l'utilisateur ouvre la page Web du glossaire à l'endroit où le type de concept est expliqué. Cela se produit dans les cas suivants :

• étant sur une page Web consacrée à un taxon, l'utilisateur clique sur un hyper-lien menant à la page du glossaire ;

[1] La profondeur d'une taxinomie est le nombre de niveaux selon lesquels les classes sont organisées.
[2] Certains concepts peuvent être désignés concordants plusieurs fois.

• étant sur la page Web du glossaire, l'utilisateur clique sur un hyper-lien menant, sur cette même page, à l'explication d'un autre concept ;

• étant dans le navigateur du treillis des types de concepts, l'utilisateur clique sur un carré représentant un type de concept ;

• étant dans le navigateur du graphe conceptuel décrivant un taxon, l'utilisateur clique sur un carré représentant un type de concepts.

La figure 5.6. ci-dessous représente le processus de recherche de SAGE des arguments concordants pour un argument servi de type « concept » dans le réseau du modèle d'utilisateur :

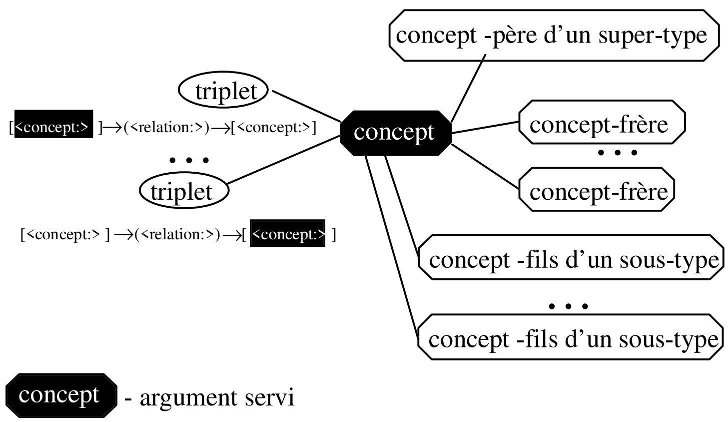



**Figure 5.6.** Recherche des arguments concordants pour un argument servi de type « concept ».

1. SAGE cherche d'abord les arguments de type « concept » en relation de parenté dans le treillis des types de concepts avec ce type de concept servi : son super-type, ses types frères et ses sous-types. Les importances associées aux arguments concordants correspondant au super-type, aux types frères et aux sous-types des concepts trouvés sont respectivement 0.10, 0.25 et 0.3. Les importances des sous-types sont plus élevés parce que SAGE estime que si l'utilisateur regarde l'explication d'un type de concept dans la page du glossaire, il connaît probablement le super-type de celui-ci, et sera davantage intéressé par les types de concepts frères, et surtout ses sous-types. Par exemple, si l'utilisateur a regardé l'explication du concept *périanthe*, il connaît vraisemblablement ce qu'est une *fleur* (son super-type), mais peut être intéressé par les explications d'une *bractée* et des *organes-de-*

*reproduction* (les types frères du type <périanthe :>), et davantage encore, par les explications d'un *labelle*, des *sépales* et *pétales* (ses sous-types).

2. SAGE cherche ensuite les arguments concordants de type « triplet » pour le concept servi et pour chaque concept concordant retrouvé. Pour cela, il analyse le graphe de Recherche d'Information et y cherche les triplets dont un des composants est le concept examiné. Il associe une importance égale à 0.7 (respectivement 0.6) aux triplets dont le premier (respectivement dernier) composant est le concept étudié. Ainsi, si l'utilisateur a été intéressé par des actions dont les arguments étaient de type « concept », SAGE lui proposera serait de composer des requêtes incluant ces concepts. Par exemple, si l'utilisateur regarde dans la page du glossaire l'explication d'un labelle, une fois ce terme connu, il peut alors vouloir examiner les taxons regroupant les orchidées ayant un grand labelle, ou dont la forme du labelle est en sabot, etc.

*5.2.2.3. Recherche des arguments concordants pour un argument servi du type « triplet ».*

Lorsque l'utilisateur compose une requête à l'aide de l'outil de SATELIT « Recherche d'Information », le triplet utilisé pour la construction de cette requête joue le rôle d'argument servi. Une fois la requête lancée, SAGE cherche les arguments concordants comme le montre la figure 5.7. suivante :

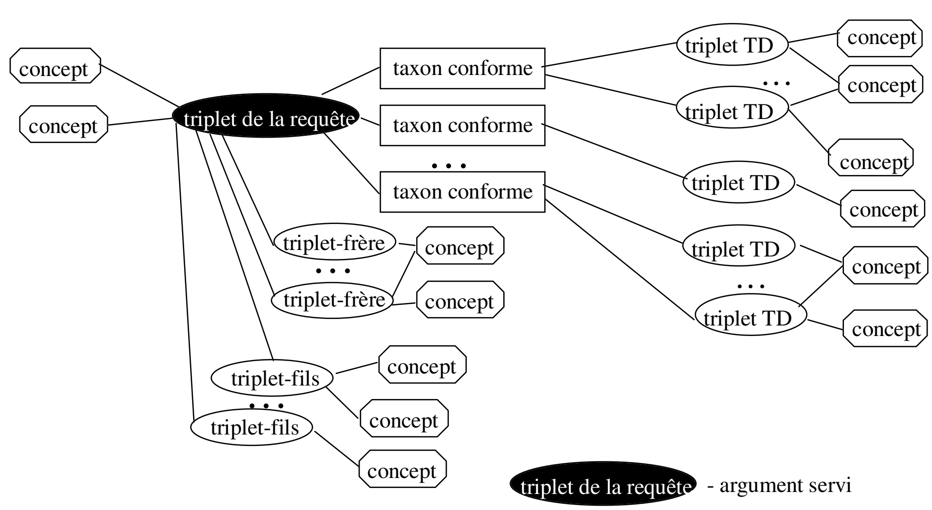


**Figure 5.7.** Recherche des arguments concordants pour un argument servi du type « triplet ».

1. SAGE désigne d'abord comme concordants tous les taxons conformes retrouvés par SATELIT pour cette requête. Il associe à un taxon conforme à la requête une importance égale à 0.95 s'il occupe dans la taxinomie un des niveaux inférieurs aux deux tiers de sa profondeur, et à 0.75 sinon. Les importances des taxons concordants sont ici très élevées : ces taxons présentent un réel intérêt pour l'utilisateur puisqu'ils sont conformes à une requête lancée librement par l'utilisateur guidé par son but implicite.

2. Pour tous les taxons trouvés concordants, SAGE cherche ensuite les traits discriminants TD distinguant chacun de ses frères dans la taxinomie. SAGE examine pour cela le graphe conceptuel correspondant à chaque taxon conforme et y trouve des triplets typés comme discriminants. Pour un argument de type « taxon » ayant une importance ***I***, l'importance de chacun des triplets concordants sera égale *I*1,2*.

3. SAGE parcourt le graphe de Recherche d'Information (§ 3.3.5.) pour retrouver soit les *triplets frères* soit les *triplets fils* du triplet servi. La figure 5.8. ci-dessous présente un fragment du Graphe de Recherche d'Information $G_{RI}$ contenant un triplet servi $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{12}]\}$, son triplet fils $\{[c_{12}] \rightarrow (r_4) \rightarrow [c_{42}]\}$ et ses trois triplets frères $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{22}]\}$, $\{[c_{02}] \rightarrow (r_3) \rightarrow [c_{32}]\}$ et $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{52}]\}$. Le triplet servi et ses deux triplets frères $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{22}]\}$ et $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{52}]\}$ ont le même type de relation $r_1$, tandis que le troisième triplet frère $\{[c_{02}] \rightarrow (r_3) \rightarrow [c_{32}]\}$ a un type de relation différent. Le triplet servi et le triplet $\{[c_{02}] \rightarrow (r_1) \rightarrow [c_{22}]\}$ sont dits des frères *« jumeaux »,* car ils ont le même type de relation $r_1$ et le type du concept $c_{22}$ est un sous-type du type de concept $c_{12}$ dans le treillis des types de concepts $T_C$.

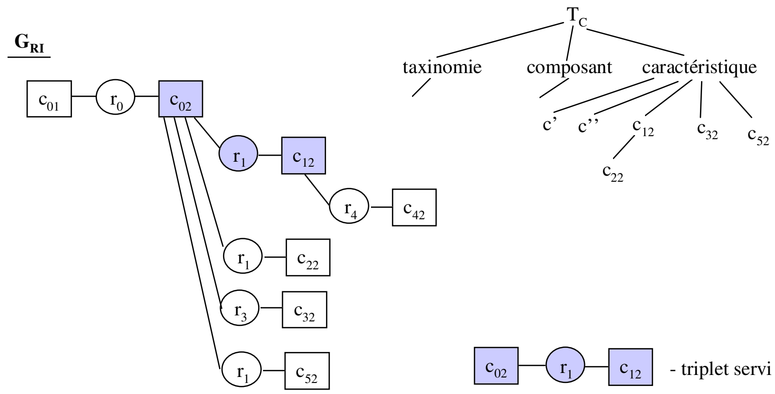



**Figure 5.8.** Recherche des triplets frères et fils d'un triplet servi.

**Définition 5.10. [Triplets frères, triplets fils et triplets « jumeaux »] :** *Des triplets sont* ***frères*** *si leurs premiers concepts sont de même type. Un triplet* $T_1$ *est* ***fils*** *d'un triplet* $T_2$ *si le premier concept de* $T_1$ *et le second concept de* $T_2$ *sont de même type. Des triplets frères* $T_1$ *et* $T_2$ *sont* ***« jumeaux »*** *s'ils ont le même type de relation et si le type du deuxième concept de* $T_2$ *est un sous-type du type du deuxième concept de* $T_1$ *dans le treillis des types de concepts* $T_c$ *du support.*

Par exemple, le triplet {[labelle :]→ (couleur :)→ [rouge :]} est un fils du triplet {[périanthe :]→ (présent :)→ [labelle :]}. Les triplets {[labelle :]→ (couleur :)→ [rouge :]} et {[labelle :]→ (forme :)→ [en-sabot :]} sont frères. Les triplets {[labelle :]→ (couleur :)→ [rouge :]} et {[labelle :]→ (couleur :)→ [rougeâtre :]} sont « jumeaux », car <rougeâtre :> est un sous type du <rouge :>.

Pour un triplet servi dont le type de relation est inférieur à <caractéristique :> ou <comparaison :>, SAGE ne cherche que des triplets frères. SAGE accorde des importances élevées, égales à 0.6, aux triplets frères concordants ayant un type de relation différent de celui du triplet servi. SAGE part ici de l'hypothèse que si l'utilisateur a composé une requête, il va certainement être intéressé par des requêtes semblables, c'est-à-dire dont le premier concept est de même type que celui du triplet servi et le type de relation est différent. Par exemple, si l'utilisateur a cherché les orchidées ayant les fleurs blanches, il est susceptible d'être intéressé par les orchidées dont la forme des fleurs est en sabot ou dont la valeur des fleurs est grande.

Au contraire, l'importance des triplets-frères concordants ayant le même type de relations qu'un triplet servi, est faible, égale à 0.1. En effet, il y a peu de chances pour qu'un utilisateur ayant composé une requête basée par exemple sur le triplet {[labelle :]→ (couleur :)→ [blanche :]} soit intéressé par une nouvelle requête basée sur le triplet frère {[labelle :]→ (couleur :)→ [rouge :]}. Par contre, l'importance accordée aux triplets frères « jumeaux » est plus élevée, égale à 0.6. SAGE essaie de cette façon d'aider l'utilisateur à formuler plus précisément sa requête. Un utilisateur-novice distingue en effet souvent mal deux concepts d'un même super-type. Par exemple, un novice cherchera les orchidées de couleur *blanche*, tandis qu'un expert préciserait de couleur *blanchâtre*. SAGE aidera l'utilisateur dans ce cas à formuler une nouvelle requête.

Si le type de relation du triplet servi est <présent :>, le moteur de SAGE cherche non seulement les triplets frères, mais aussi les triplets fils. Par exemple, si l'utilisateur s'intéresse aux taxons possédant des feuilles, SAGE propose de chercher également les taxons dont les feuilles sont ovales ou rougeâtres. Pour un triplet servi dont la relation est du type <absent :>, SAGE se limite à la recherche des triplets frères, car il est inutile de proposer de chercher les triplets fils, si les composants qu'ils désignent sont absents chez le spécimen considéré. SAGE associe des importances égales à 0.5 aux triplets fils concordants.

4. Pour le triplet servi et tous les triplets concordants retrouvés, SAGE cherche des arguments concordants de type « concept ». Pour cela, il décompose chaque triplet en ses trois composants et associe au premier (premier concept) une importance égale à 0.2, et au troisième (second concept) une importance égale à 0.3, s'il n'est pas du super-type <caractéristique :>.

L'analyse de la recherche des arguments concordants est résumée par le tableau ci-dessous :

Tableau 5.1. Recherche des arguments concordants

| ***Type Macro Action*** | ***deAction*** | ***Type d'Argument servi*** | ***Types d'Arguments concordants*** | ***Source de recherche des arguments concordants*** | ***Importance associé aux arguments concordants*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Ouverture d'une page Web** | ***Taxon*** | ***Taxons*** | *Taxonomie* | *Père* (niveau < 2/3) **0.36**<br>*Père* (niveau > 2/3) **0.4**<br>*Frères* (niveau < 2/3) **0.4**<br>*Frères* (niveau > 2/3) **0.5** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *Fils* (niveau < 2/3) **0.54**<br>*Fils* (niveau > 2/3) **0.6** |
| | | | ***Triplets*** | *Traits Discriminants* | *Importance de taxon concordant* * **1.2** |
| | | | ***Concepts*** | *Composants des triplets* | *premier concept* **0.2**<br>*deuxième concept* **0.3** |
| **2** | **Ouverture de la page du Glossaire** | ***Concept*** | ***Concepts*** | *Treillis des types de concepts* | *Père* **0.1**<br>*Frères* **0.25**<br>*Fils* **0.3** |
| | | | ***Triplets*** | *Graphe de Recherche d'Information* | *comme premier concept* **0.7**<br>*comme deuxième concept* **0.6** |
| **3** | **Recherche d'Information** | ***Triplet*** | ***Taxons*** | *Taxons conformes* | (niveau < 2/3) **0.85**<br>(niveau > 2/3) **0.95** |
| | | | ***Triplets*** | *Traits Discriminants des taxons conformes* | *Importance de taxon concordant* * **1.2** |
| | | | | *Graphe de Recherche d'Information* | *Frères :*<br>*ayant différentes relation* **0.6**<br>*ayant les mêmes relations :* -<br>- *« jumeaux »* **0.6**<br>- non « jumeaux » **0.1**<br>*Fils* **0.5** |
| | | | ***Concepts*** | *Composants du triplet servi et des triplets concordants* | *premier concept* **0.2**<br>*deuxième concept* **0.3** |

### *5.2.3. TFIDF comme une mesure de construction d'un réseau pondéré*

TFIDF est la méthode la plus utilisée et la plus testée dans le domaine de la Recherche d'Information[1] (RI). Basée sur l'algorithme de Rocchio [Roccio, 71] et adaptée par Salton à la classification de textes [Salton, 91], elle consiste à calculer des poids des mots (ou des termes) d'un texte (ou d'un document) qui reflètent des observations empiriques concernant ce texte. Les termes apparaissant fréquemment dans un document (TF = fréquence de terme[2]) et rencontrés rarement dans l'ensemble de la collection de documents à laquelle appartient celui-ci (IDF = fréquence de documents inverse[3]), ont plus de chance d'être pertinents par rapport au sujet de document. Le poids TFIDF d'un terme, c'est-à-dire le

[1] En anglais : Information Retrieval (IR)
[2] en anglais : Term Frequency, TF
[3] en anglais : Invers Document Frequency, IDF

score associé à un terme dans un document est le produit de sa fréquence d'apparition dans ce document et l'inverse de sa fréquence d'apparition dans tous les autre documents.

Selon cette méthode, les documents sont représentés comme des vecteurs réels de très grandes dimensions, une dimension pour chaque terme (figure 5.9.).

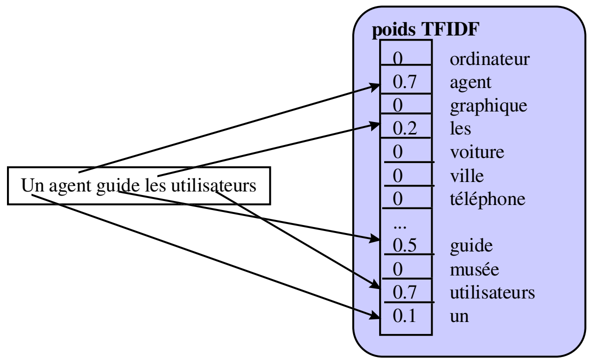



**Figure 5.9.** Un extrait de texte représenté par un vecteur multi-dimensionné

Ainsi, le poids d'un terme $w$ pour un document $d$ est calculé selon la mesure heuristique *TFIDF* comme suit [Salton, 91] :

$$TFIDF(w,d) = TF(w,d) * \left(\log n - \log DF(w) + 1\right)$$

(1),

où $TF(w,d)$ est le nombre de fois où le terme $w$ est apparu dans le document $d$, $DF(w)$ le nombre de documents contenant le terme $w$, et $n$ le nombre total de documents dans la collection.

Différents agents fonctionnant sur le Web utilisent la méthode TFIDF pour mesurer le poids des hyper-liens analysés dans les pages Web (cf. § 4.3.1.1.). *WebWatcher* [Joachims et al., 97] et *LASER* [Boyan et al., 96] utilisent des vecteurs multi-dimensionnés pour représenter le texte d'une requête d'utilisateur. Ainsi, pour retrouver les pages pertinentes pour une requête, ils comparent ensuite la similarité entre les textes de la requête et de la page Web, calculée comme le cosinus de l'angle formé par les deux vecteurs représentant ces deux textes. *LAW* [Edwards et al., 96] extrait d'abord à partir d'une page Web observée les termes pertinents (ayant les poids TFIDF les plus élevés) et applique ensuite les méthodes d'apprentissage symbolique IBPL1 et C4.5 pour déterminer le « niveau d'intérêt » de cette page pour l'utilisateur du profil courant. *Lira* [Balabanovic et Shoham, 95] et *Syskill&Webert* [Pazzani et Billsus, 97] construisent un profil d'utilisateur à partir des mesures TFIDF des mots rencontrés dans les pages visitées et estimées par l'utilisateur dans ses rétroactions ; ils retrouvent alors de nouvelles pages intéressantes, par le calcul du cosinus de l'angle formé par le vecteur représentant le profil d'utilisateur construit et celui représentant une page candidate à la suggestion. En comparant l'efficacité de la méthode TFIDF avec d'autres techniques de classification, les auteurs de *Syskill&Webert* [Pazzani et Billsus, 97] ont établi par une série de tests dans neuf domaines, que TFIDF obtient des meilleurs résultats (de 69.4% à 78.8% de précision) dans six domaines.

Nous avons adapté la méthode TFIDF classique de classification des termes de textes par une méthode de classification des arguments dans le modèle d'utilisateur, appelée *FArIFAc*. Intuitivement, nous avons fait la même supposition que les auteurs de la méthode TFIDF : si dans une action un argument apparaît fréquemment comme concordant (FAr = fréquence d'argument) et qu'il est rarement rencontré dans l'ensemble d'actions effectuées (IFAc = inverse de fréquence d'actions), cet argument a plus de chances d'être pertinent pour caractériser cette action. Un document devient ici une action qui influence la construction du modèle d'utilisateur ; un terme est un noeud désignant un argument servi ou concordant dans le réseau du modèle d'utilisateur ; la collection de documents est l'ensemble des actions effectuées.

Ainsi, de manière comparable à TFIDF, SAGE basé sur *FArIFAc* attribue le poids le plus élevé à l'argument concordant le plus souvent apparu dans le modèle d'utilisateur au cours du processus de recherche des arguments concordants à la suite d'une action d'utilisateur. Au contraire, les arguments souvent trouvés concordants pour toutes les actions reçoivent des poids faibles. Par analogie avec la méthode TFIDF, nous définissons la mesure *FArIFAc* comme suit :

$$FArIFAc(a, M) = F(a, M) * \left(\log n - \log a_{UM} + 1\right)$$

(2),

où *F(a, M)* est la fréquence à laquelle l'argument *a* est trouvé concordant dans le réseau constituant le modèle d'utilisateur, propagé après une action M ; *n* est le nombre total d'actions effectuées, et $a_{MU}$ est le nombre d'actions où l'argument *a* a été trouvé concordant dans le réseau correspondant au modèle d'utilisateur, construit à un moment donné. Ainsi la mesure *FArIFAc(a,M)* estime le nombre d'occurrence d'un argument *a* dans le modèle d'utilisateur consécutif à une action *M,* par rapport à l'ensemble des actions de l'utilisateur où cet argument *a* est apparu.

Le poids d'un argument concordant est encore renforcé par la mesure empirique de similitude (de proximité) avec d'autres éléments du réseau du modèle d'utilisateur. Nous appelons cette valeur heuristique une importance (cf. définition 5.8.). L'importance d'un argument est un nombre compris entre 0 et 1 : elle est maximale pour un argument servi et minimale pour un argument présent dans le réseau du modèle d'utilisateur (c'est-à-dire trouvé précédemment concordant) mais non concordant avec le dernier argument servi. Dans tous les autres cas l'importance d'un argument concordant dépend du type d'argument servi de l'action effectuée (§ 5.2.2.).

Nous définissons le poids momentané $P(a,M(O,A))_{moment}$ d'un argument *a* à partir de sa mesure *FArIFAc(a,M)* renforcée par son importance courante *I(a) :*

$$P(a, M(O,A))_{moment} = FArIFAc(a, M(O,A)) * I(a) =$$
$$F(a, M(O,A)) * \left(\log n - \log a_{UM} + 1\right) * I(a)$$

(3),

où *M(O,A)* est l'action de l'utilisateur à la suite de laquelle l'argument *a* a été trouvé concordant, l'outil *O* traitant un argument servi *A*.

Afin de ne pas perdre les information relatives à la pertinence d'un argument au cours de la succession des interactions de l'utilisateur lors d'une session avec SATELIT, SAGE doit tenir compte des poids anciennement attachés à cet argument. Ainsi, un argument auquel aurait été précédemment attribué un poids élevé mais qui n'aurait pas été choisis comme pertinent pour des suggestions, aura plus de chances d'être sélectionné. Pour cela, il s'agit d'ajouter au poids momentané *P(a,M(O,A))* de l'argument *a* (3) ses poids momentanés calculés précédemment :

$$P(a,M(O,A)) = P(a,M(O,A))_{moment} + \sum_{i=1}^{k} P_i(a,M_i(O_i,A_i))_{moment} =$$

$$F(a,M(O,A)) * (\log n - \log a_{UM} + 1) * I(a) + \sum_{i=1}^{k} P_i(a,M_i(O_i,A_i))$$

(4),

où $M_i$ , $i \in 1,...k$, sont les anciennes actions d'utilisateur choisissant des outils $O_i$ traitant des arguments servis $a_i$ pour lesquels SAGE avait trouvé l'argument concordant *a*.

Naturellement, au début d'une session d'interactions, quand le nombre d'actions est encore limité et par conséquent, il y a peu d'arguments servis et peu d'arguments concordants retrouvés, le modèle d'utilisateur est un réseau de taille réduite, n'ayant que peu de noeuds. SAGE manque donc d'information nécessaire pour de « fortes » suggestions. Grâce à la recherche de triplets concordants aux taxons servis à l'ouverture des pages Web, (les traits discriminants de taxons, cf. § 5.2.1.4.), SAGE se base essentiellement sur l'arbre d'identification pour guider l'utilisateur. Mais le parcours seul de l'arbre d'identification pour la construction de suggestions peut présenter de difficultés pour l'utilisateur : les questions basées sur les traits discriminants sont parfois assez compliquées pour un novice qui préférera composer d'autres requêtes, plus « faciles » pour lui. Par exemple, au lieu de composer la requête « L'objet recherché a-t-il deux étamines ou non ? » proposée par le parcours de l'arbre d'identification, un utilisateur ne sachant pas ce qu'est une étamine et combien il y en a préférera retrouver d'abord les orchidées dont les fleurs sont blanches (ce qui est évident à remarquer même pour les novices).

La figure 5.10 ci-dessous présente un sous-réseau propagé sur l'hypergraphe de la base de connaissances au début d'une session de navigation. Par défaut, SATELIT ouvre la première page Web dédiée à la description de la racine de la taxinomie du domaine, ce qui entraîne le déclenchement du moteur de recherche des arguments concordants. SAGE trouve les triplets correspondant aux traits discriminants des taxons fils du taxon servi et leurs concepts - composants. Il estime ensuite les poids des arguments retrouvés et choisit ceux de poids maximaux pour ses suggestions (sur la figure 5.10. ces arguments choisis par SAGE sont entourés par une double ligne).

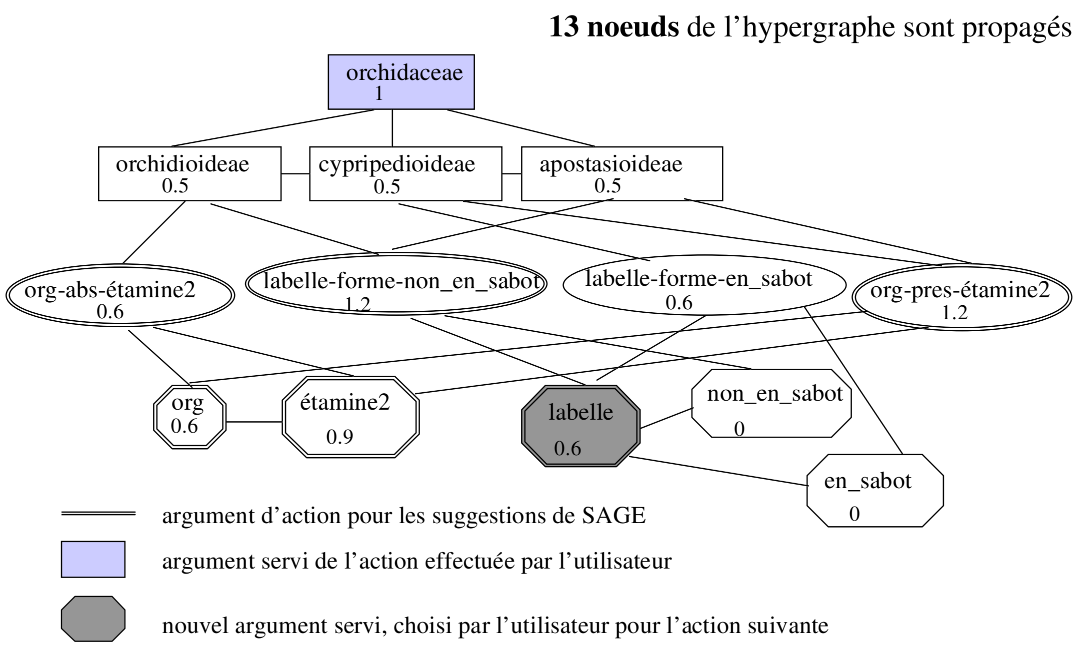



**Figure 5.10.** Modèle d'utilisateur au début d'une session de navigation

Une telle situation où les suggestions de SAGE sont pour la plupart basées sur l'arbre d'identification, évolue au fur et à mesure que l'agent accumule des connaissances apprises sur le but implicite de l'utilisateur. Dès l'observation de la troisième à quatrième action, SAGE devient plus puissant et anticipe bien les interactions. La figure 5.11. ci-dessous montre le réseau pondéré du modèle d'utilisateur après une seconde action « Regarder l'explication du concept *labelle* dans le glossaire » :

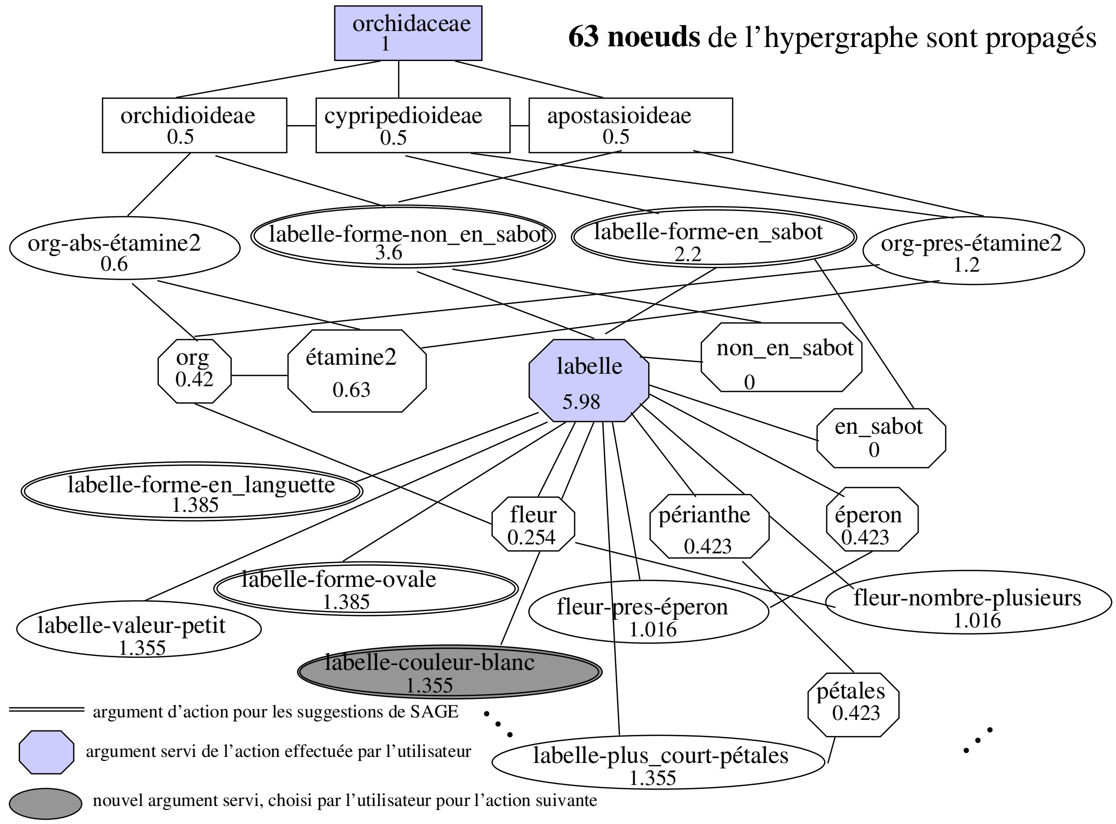



**Figure 5.11.** Modèle d'utilisateur après une seconde action

Notre méthode est en effet basée sur une forte hypothèse de *« vraisemblance »* des actions de navigation, où l'utilisateur a un but, même si ce but est implicite. SAGE essaie d'éclaircir ce but, de le découvrir en même temps que l'utilisateur, en lui « donnant des tuyaux » pour ses prochaines actions, en se basant sur ses actions précédentes. Si l'utilisateur change trop souvent son but de navigation au cours d'une même session, le problème des bruits et de l'ambiguïté de l'information apprise par l'agent apparaît. Nous essayons cependant de pailler ce problème en rendant SAGE plus souple et « sensible » à ces actions « abusantes » d'utilisateur, grâce à une procédure de renforcement des poids d'arguments (§ 5.2.4.) : les poids augmentent et diminuent à la suite des rétroactions de l'utilisateur.

### *5.2.3. Règles contraintes*

Pour construire une suggestion, SAGE choisit un outil et un argument pour cet outil. Comme nous l'avons montré *le choix d'argument définit le choix d'outil* (§ 5.2.1.3.). Il existe trois types de suggestions basés sur trois types d'argument différents. L'argument de type « taxon » est associé au type d'outil « Navigateur dans la page Web » et conduit à une suggestion de type « Ouvrir une page Web consacrée à ce taxon » ; l'argument de type « concept » est associé au type d'outil « Navigateur dans la page du glossaire » et conduit à une suggestion de type « Regarder l'explication de ce concept dans la page du glossaire» ; l'argument de type « triplet » est associé au type d'outil « Recherche d'information » et conduit à une suggestion du type « Composer une requête ». Pour construire une suggestion il suffit donc pour SAGE de choisir un argument pertinent.

Naturellement, l'argument le plus pertinent est contenu dans le modèle d'utilisateur courant et possède un poids maximal. SAGE ajoute encore certaines règles contraintes à cette simple condition de pertinence d'argument.

1. Une première règle s'impose immédiatement : dans le choix d'argument pertinent, SAGE ne doit considérer que des arguments qui n'ont jamais servi jusqu'à présent. Cela signifie qu'il ne faut pas suggérer une action déjà accomplie dans la session d'interactions courante.

2. Afin de ne pas surcharger l'utilisateur, SAGE retient au plus cinq arguments de poids maximal et ne propose donc au plus que cinq suggestions parmi lesquelles choisir la prochaine action (c'est pourquoi plusieurs arguments de même poids que celui sélectionné par SAGE ne sont pas retenus, sur la figure 5.10).

3. Si SAGE choisit un argument pertinent de type « triplet », il ajoute à la liste de suggestions le conseil de consulter dans la page du glossaire la signification des concepts concordants contenus dans ce triplet, même s'ils ont des poids faibles. Cette règle permet à l'utilisateur d'apprendre les termes utilisés dans la requête proposée par SAGE avant de la lancer. Bien sûr, SAGE n'ajoute pas à sa liste de suggestions le conseil de consulter la signification des concepts servis dans des actions passées - il considère que si l'utilisateur

s'est déjà renseigné sur la signification d'un concept, il n'est plus intéressant de le lui suggérer. Cela n'empêche cependant pas l'utilisateur de consulter l'explication d'un terme autant de fois qu'il le désire, en effectuant cette action indépendamment des conseils de SAGE...

4. Si la dernière action effectuée par l'utilisateur est du type « Composer une requête », SAGE élimine de la liste des arguments candidats comme pertinents ceux concordants du type « concept » qui figurent dans la requête composée. SAGE considère que si l'utilisateur a lancé une requête, il connaît la signification des termes utilisés et qu'il est donc inutile de suggérer de les consulter dans le glossaire, même si l'utilisateur ne l'a jamais fait durant cette session : son niveau de connaissances du domaine est probablement assez élevé.

5. Si la dernière action effectuée par l'utilisateur est du type « Composer une requête », SAGE retient un taxon parmi les taxons conformes à cette requête trouvés par SATELIT, celui de poids maximal, comme argument d'une suggestion. Même s'il existe d'autres arguments de type taxon dont les poids sont plus élevés que celui-là, SAGE construit une suggestion supplémentaire qui envoie l'utilisateur explorer la page Web consacrée à ce taxon. SAGE suppose ainsi qu'en lançant une requête l'utilisateur est intéressé pour les pages Web correspondant aux réponses du mécanisme de recherche d'information ; il l'aide à choisir la page du taxon susceptible d'être le plus intéressant.

Le *poids normalisé* d'un argument utilisé dans une suggestion de SAGE sert de mesure de *confiance* associée à cette suggestion. Le poids normalisé est calculé comme le poids de l'argument divisé par la somme des poids des arguments calculés à un moment donné. SAGE affiche à côté de chaque suggestion la confiance qu'il lui associe, afin que l'utilisateur puisse mieux estimer la force des suggestions les unes par rapport aux autres.

### *5.2.4. Prise en compte des rétroactions d'utilisateur*

Nous avons déjà souligné à plusieurs reprises (cf. § 2.2.3.1.), qu'une collaboration de l'utilisateur sous la forme de ses rétroactions permet à l'agent d'interface de construire un modèle d'utilisateur plus précis. L'agent a besoin de savoir si ses suggestions ont été efficaces, si elles ont plu à l'utilisateur et, sinon, pourquoi. Le problème qui apparaît ici est bien connu de tous les développeurs d'agents intelligents de collaboration : à quel moment demander des rétroactions, sous quelle forme les demander, comment trouver un bon équilibre pour ne pas les rendre trop « dérangeantes » et qu'elles ne distraient pas l'utilisateur de son activité principale de navigation ?

SAGE applique deux stratégies de rétroactions : une *implicite,* et l'autre *explicite*. Chacune utilise les rétroactions d'utilisateur pour augmenter/diminuer d'une valeur $R(a_i)$ le poids des noeuds représentant les arguments $a_i$ dans le réseau correspondant au modèle d'utilisateur. $R(a_i)$ étant le *coefficient de renforcement* des poids d'arguments concordants, il mesure l'intérêt de l'utilisateur pour telle ou une telle suggestion de SAGE. Ainsi, les poids d'arguments évoluent au cours d'une session, selon les rétroactions de l'utilisateur.

Le poids d'un argument concordant $a$ renforcé par les rétroactions de l'utilisateur est égal à :

$$P_{renf}(a, M(O,A)) = P(a, M(O,A)) * R(a) =$$
$$\left[ F(a, M(O,A)) * \left(\log n - \log a_{UM} + 1\right) * I(a) + \sum_{i=1}^{k} P_i(a, M_i(O_i, A_i)) \right] * R(a)$$

(5),

où $R(a)$ est le coefficient de renforcement de l'argument concordant $a$ retrouvé pour un argument servi $A$ utilisé par un outil $O$ dans une action $M$, et où les $A_i$ sont les actions passées d'utilisateur lorsqu'il a choisi un outil $O_i$ traitant un argument servi $a_i$ pour lequel SAGE a retrouvé le même argument concordant $a$.

Les *rétroactions implicites* ne demandent trop d'effort de l'utilisateur. SAGE observe tout simplement la *nature* de l'action accomplie : était-elle une action librement choisie par l'utilisateur ou était-elle une des suggestions affichées par SAGE ? En d'autres termes, SAGE vérifie comment l'action a été lancée : l'utilisateur a-t-il utilisé un d'outil de SATELIT, ou a-t-il cliqué sur une suggestion dans la fenêtre de SAGE ? Dans le premier cas, où l'utilisateur a négligé les suggestions de SAGE, $R(a)$ est égal à 0.8 de sorte que le poids des arguments suggérés perdent 20% de leur valeur. Dans le deuxième cas, où l'utilisateur a suivi une suggestion de SAGE, le coefficient de renforcement *R(a)* est égal à 1.2 de sorte que le poids des arguments concordants augmentent de 20%.

Le deuxième type de *rétroactions explicites* exige une collaboration active de l'utilisateur. SAGE est basé sur l'hypothèse qu'une fois *vue et lue* l'information relative à un taxon, l'utilisateur peut mieux estimer son but final de navigation s'il compare cette information avec son but implicite. Par exemple, si l'utilisateur ouvre une page présentant les orchidées de l'espèce *Cypripedium Candidum*, il apprend que cette plante possède une unique grande fleur blanche dont le labelle est grand, jaune et en forme de sabot. Ce sont des caractéristiques qui « sautent aux yeux » même d'un utilisateur non pas expérimenté. Si en effet celui-ci recherche à identifier une orchidée qui par exemple, appartient à l'espèce *Goodyera Tesselata*, il comprendra immédiatement en consultant la page dédiée à l'espèce *Cypripedium Candidum* que sa plante n'a rien de commun avec celle-ci, exceptée la couleur blanche du labelle...

Dans la construction de la base de connaissances du domaine, les triplets représentant de tels traits descriptifs « saillants » ont été typés des « triplets_saillants » dans les graphes conceptuels décrivant les taxons. De la sorte, à l'ouverture d'une page Web (autre que la première page représentant la racine de la taxinomie), SAGE pose les questions suivantes :

- si l'utilisateur est satisfait , a-t-il trouvé la page qu'il cherchait et faut-il donc terminer la session d'interactions pour en recommencer une autre ?

- si la page présentée ne lui convient pas, l'utilisateur souhaite-t-il arrêter la session d'interactions et quitter définitivement le système ?

- si la page présentée n'est pas la page recherché et s'il veux continuer la recherche, il faut proposer à l'utilisateur d'estimer les traits saillants du taxon présenté : l'objet recherché a-t-il les mêmes caractéristiques que le taxon présenté ?

La figure 5.12. montre une photo d'écran du système aux moment des rétroactions explicites de l'utilisateur : celui-ci doit cocher les cases correspondant aux caractéristiques de l'objet exposé sur la page Web courante (*Spirantes Cernua*), qui coïncident avec les caractéristiques de l'objet qu'il cherche à identifier.

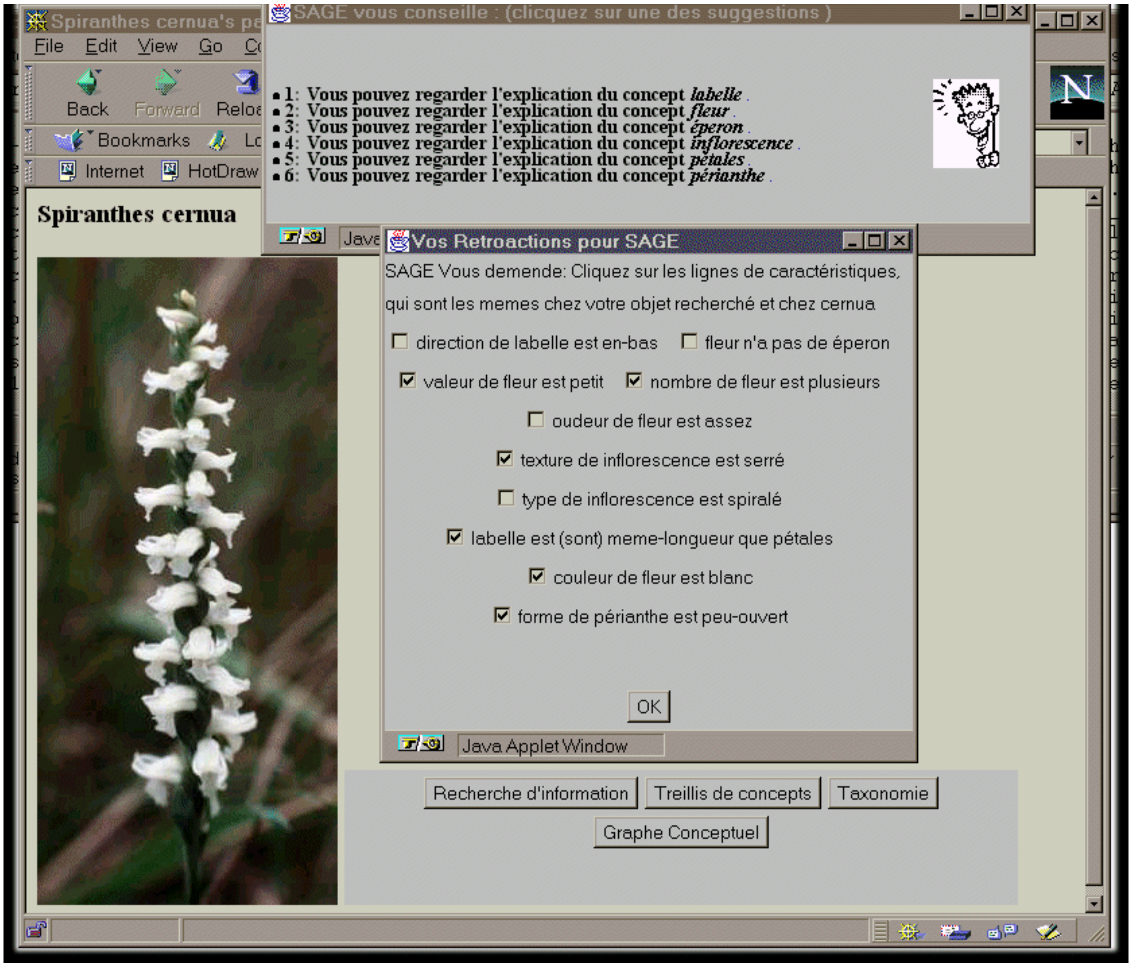



**Figure 5.12.** Rétroactions explicites de l'utilisateur

En même temps qu'il affiche ces questions, SAGE propose à l'utilisateur de se renseigner sur la signification des concepts utilisés dans ces rétroactions : en cliquant sur une des lignes de la fenêtre de SAGE, l'utilisateur se retrouvera dans la page du glossaire expliquant les concepts qui apparaissent. Un clic sur le bouton « OK » confirme l'envoi des rétroactions de l'utilisateur à SAGE qui commence leur analyse.

On distingue des rétroactions *positives* et *négatives* :

**Définition 5.11. [Rétroactions positives et négatives] :** *Si dans la fenêtre de rétroactions l'utilisateur coche un case, signifiant que l'objet qu'il cherche à identifier a* *bien trait descriptif correspondant à ce triplet coché, on dit que l'utilisateur envoie une* ***rétroaction positive****. Dans le cas inverse, où l'utilisateur ne coche pas un case, il s'agit d'une* ***rétroaction négative****.*

Le poids des arguments $a_i$ de type « triplets » présents dans le modèle d'utilisateur courant, correspondant à des *rétroactions positives,* est renforcé par un coefficient $R(a_i)$ égal à 1.9 et augmente donc de 90%. Au contraire, le poids des triplets correspondant à des *rétroactions négatives* diminuent de 20%, leur coefficient de renforcement $R(a_i)$ étant de 0.2. En outre, le poids des arguments $a_i$ de type « taxons » contenant dans leurs graphes conceptuels des triplets qui coïncident avec les rétroactions positives ou négatives, est également renforcé par un coefficient $R(a_i)$ égal à 1.7 ou à 0.2 selon le cas. Une règle supplémentaire de SAGE se déclenche par les rétroactions : si plus de 75% des rétroactions sont positives, SAGE suppose que le taxon représenté a de fortes chances d'être de la même famille que le taxon recherché par l'utilisateur ; il cherche donc les taxons concordants (§ 5.2.2.1.) et renforce leur poids de 20%.

D'autres règles de SAGE permettent une analyse plus fine des rétroactions. Pour chaque triplet saillant analysé, SAGE recherche les triplets frères ayant les mêmes types de relation. Si l'utilisateur donne une *rétroaction positive,* le poids des taxons dont les descriptions contiennent des triplets frères ayant les mêmes types de relations, mais non « jumeaux » (cf. définition 5.10), est renforcé par un coefficient égal à 0.1 : SAGE élimine ainsi de la liste des arguments pertinents ceux qui n'ont pas de caractéristiques venant d'être confirmées par l'utilisateur. Dans l'exemple présenté sur la figure 5.12. l'utilisateur a coché la case « la couleur de la fleur est blanche » ; SAGE « punit » alors toutes les autres orchidées dont la couleur est rouge, violette, jaune, etc., mais il ne touche pas à celles dont la couleur est blanchâtre ou « blanche striée de pourpre » (<blanchâtre :> ≤ <blanche :>, <blanche_striée_de_porpre :> ≤ <blanche :>). Pour une rétroaction *négative*, un coefficient de renforcement égal à 1.7 est associé à tous les taxons contenant des triplets frères ayant les mêmes types de relation, mais non « jumeaux ». Par exemple si l'utilisateur estime que la fleur de l'orchidée qu'il cherche à identifier n'est pas aussi grande que celle qu'il observe dans la page présentée, SAGE renforce les taxons d'orchidées dont la fleur est petite, et non pas celles dont fleur est assez grande (<assez_grande :> ≤ <grande :>).

## 5.3. Architecture et algorithme de fonctionnement de SAGE

L'architecture générale de SAGE est présentée sur la figure 5.13. :

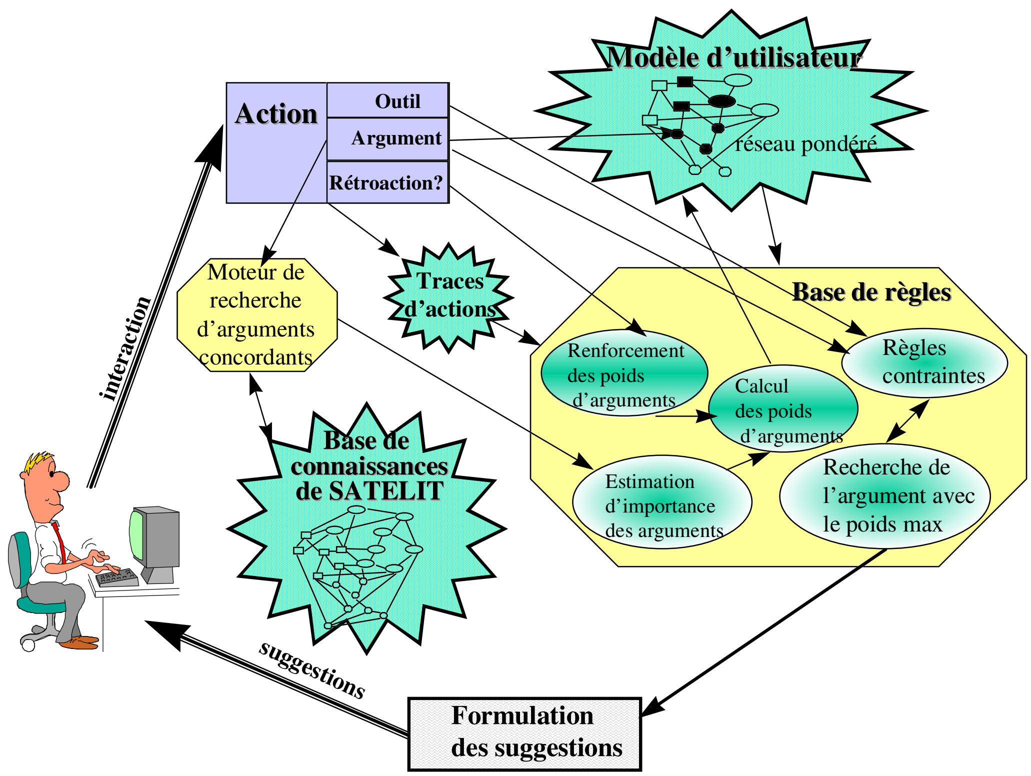



**Figure 5.13.** Architecture de SAGE

SAGE est constitué des modules suivants :

• un modèle courant d'utilisateur ;

• un analyseur du type d'action effectuée par l'utilisateur ;

• un moteur de recherche des arguments concordants à l'argument servi dans une action ;

- une base de traces de toutes les actions effectuées pendant une session ;
- une base de règles ;
- une mécanisme de formulation des suggestion lisibles.

L'algorithme de fonctionnement de SAGE est le suivant. L'utilisateur consultant une application développée sur le Web par l'expert à l'aide de SATELIT, effectue une action *M* (§ 5.1.). SAGE analyse cette action *M*, extrait à partir de cette analyse les termes décrivant l'outil *O* utilisé et son argument *A servi* et garde la trace de cette action dans un compartiment réservé de sa mémoire de travail. Ce module de SAGE récoltant les traces de toutes les actions effectuées par l'utilisateur pendant une session contient pour chaque action *M* les informations suivantes :

- le numéro de l'action *M* ;
- l'outil *O* utilisé dans l'action *M* ;
- l'argument *servi A* choisi par l'utilisateur dans l'outil *O* de l'action *M* ;
- la liste des *arguments concordants* $\{a_i\}$ pour l'argument servi *A* dans l'action *M* ;
- la *nature* de l'action *M* : était-elle une rétroaction ou une action librement choisie par l'utilisateur ?

Le moteur de recherche des arguments concordants analyse l'hypergraphe organisé par la base de connaissances du domaine de SATELIT et essaie de trouver les arguments *similaires* à l'argument servi *A* (§ 5.2.1.). A partir des arguments concordants retrouvés et des relations de concordance entre eux, SAGE construit un modèle d'utilisateur sous la forme d'un réseau pondéré. Les noeuds de ce réseau sont les arguments servis et concordants et les liens sont les relation de concordance. Chaque noeud du réseau contient les informations suivantes :

- le *nom* de l'argument *a* ;
- le *type* de l'argument *a* (« taxon », « concept » ou « triplet ») ;

• le nombre de liens partant vers d'autres noeuds du réseau propagé (c'est-à-dire la *fréquence FAr*[1] d'apparition de cet argument pendant la propagation du réseau après une action *M*) ;

• *l'importance I(a)* de l'argument *a* (une mesure heuristique de sa concordance avec les autres arguments) ;

• le *poids P(a,M(O,A))* associé ;

• le *coefficient de renforcement R(a)* attaché.

Dès que le moteur de SAGE a retrouvé les arguments concordants, des règles estiment pour chaque argument du modèle d'utilisateur son importance et son coefficient de renforcement (§ 5.2.4.). En analysant les traces de toutes les actions effectuées, elles calculent ensuite (pour chaque argument du réseau) la fréquence *IFAc* des actions où cet argument est apparu comme servi ou comme concordant. Finalement, avec la métrique *FArIFAc* (la TFIDF adaptée), les règles associent un poids à chaque argument du modèle. Ainsi le réseau du modèle d'utilisateur est pondéré (§ 5.2.2.).

Un autre groupe de règles essaie ensuite de trouver l'argument dont le poids est maximal, en tenant compte des conditions des règles contraintes de la base (§ 5.2.3.). Une fois les arguments pertinents établis, un module de formulation de suggestions les compose sous une forme lisible et compréhensible par l'utilisateur (§ 5.1.2.).Enfin, ce module calcule une *confiance* pour chaque suggestion composée et les affiche toutes dans une fenêtre spéciale du système.

## 5.4. Conclusion

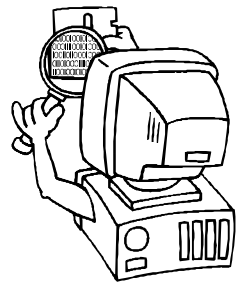
Dans ce chapitre nous avons présenté l'algorithme de fonctionnement de l'agent intelligent SAGE d'interface du système SATELIT fonctionnant sur le Web. Nous avons

---

[1] *FAr = F(a,M(O,A))*

décrit les différents modules de l'architecture de SAGE et notre approche originale de construction du modèle d'utilisateur comme un réseau pondéré d'arguments des actions effectuées. Cette approche intègre des méthodes d'apprentissage basées sur la métrique TFIDF d'agents du premier type fonctionnant sur tout l'espace du Web (§ 4.3.1.), avec les méthodes traditionnelles d'hypermédias adaptatifs basées sur l'analyse d'une base de connaissances sur le domaine d'application (§ 2.3.). Une telle intégration distingue notre agent SAGE comme un nouveau type d'agents intelligents sur le Web. Nous avons également présenté une transformation de la méthode TFIDF de classification de termes dans un texte en méthode FArIFAc de classification d'arguments des actions effectuées. Nous avons en outre exposé notre approche d'analyse des rétroactions de l'utilisateur pour la construction d'un modèle d'utilisateur plus précis. Dans le chapitre suivant nous décrivons les expérimentations effectuées afin de valider notre approche et comparons l'efficacité de SAGE avec d'autres agents intelligents sur le Web.

# CHAPITRE 6



# Validation de l'approche

Dans ce chapitre nous présentons les expérimentations effectués en vue de la validation de notre approche de l'aide à la navigation d'un système particulier SATELIT fonctionnant sur le Web. Une telle validation permet d'apprécier la capacité de l'agent SAGE à effectuer la tâche pour laquelle il a été construit : découvrir en même temps que l'utilisateur son but final de navigation avec SATELIT. Nous décrivons d'abord le procédé de nos tests et les résultats obtenus (§ 6.1.). Nous exposons ensuite les mesures d'évaluation en Recherche d'Information et, plus particulièrement, une mesure *ndpm* qui sert actuellement de métrique de comparaison des agents intelligents d'interface (§ 6.2.). Enfin, nous comparons l'efficacité de SAGE avec celles de quelques autres agents connus (§ 6.3.).

## 6.1. Expérimentations effectuées et résultats obtenus

Les expérimentations effectuées dans le cadre de cette thèse ont eu pour but « d'évaluer » l'intérêt de l'intégration de l'agent intelligent SAGE à l'interface du système SATELIT fonctionnant dans l'environnement du Web. Nous nous sommes efforcé de mesurer la performance de SAGE, d'estimer combien souvent il est capable *d'inférer le but final de l'utilisateur plus tôt que l'utilisateur lui-même.* Nous nous sommes également intéressé à l'estimation de la *réduction* que permet SAGE du *nombre d'actions* effectuées par l'utilisateur et du *temps d'interactions* nécessaires pour atteindre le but final.

### *6.1.1. Procédé de tests*

Nous avons testé notre système dans le domaine de l'orchidologie. La version actuelle de SATELIT + SAGE contient 139 KB d'informations textuelles, 2,7 MB d'images attachées aux textes et 122,5 KB de connaissances associées consistant en description de 63 taxons, 116 types de concepts et 211 triplets. Ainsi, pendant une session d'interactions avec le système, l'utilisateur peut choisir près de 390 arguments dans les outils de navigation de SATELIT. Les 36 classes développés en JAVA contiennent 218,5 KB de code programme.

Pour nos expérimentations, nous avons proposé à vingt individus de devenir les utilisateurs de notre système. Nous leur avons donné des reproductions d'images en couleur de deux orchidées et leur avons demandé d'identifier ces orchidées, c'est-à-dire de retrouver les pages Web correspondant à leur classe (*Goodyera Repens* et *Cypripedium Calceolus*), contenant des textes avec le nom des plantes et leur image (celles données à l'utilisateur). Nous avons choisi ces orchidées (nommées par la suite ***R*** et ***C***) comme deux représentants de sous-familles différentes ayant chacune des caractéristiques non distinctives, ce qui complique la procédure de leur identification. Par exemple, les fleurs de *Goodyera Repens* (***R***) sont blanches et petites, comme chez une quinzaine d'autres orchidées ; le labelle des fleurs de *Cypripedium Calceolus* (***C***) est en forme de sabot, comme chez une douzaine d'autres orchidées de la sous-famille Cypripedioideae.

Chaque utilisateur avait donc chercher la page Web contenant la photographie qu'il avait reçue. Tous les candidats humains étaient des utilisateurs expérimentés du Web, mais seulement quatre d'entre eux étaient des amateurs d'orchidées connaissant donc le domaine d'application ; les seize autres étaient des novices absolus. Nous désignons les utilisateurs novices par la lettre ***N*** et ceux expérimentés par la lettre ***E***. En ajoutant aux côtés des lettres ***N*** et ***E*** la lettre ***R*** ou ***C,*** nous nommons ainsi les classes d'utilisateurs novices ou expérimentés identifiant l'orchidée ***R*** ou ***C,*** respectivement : ***NR, NC, ER, EC***. Par exemple, *EC1* désigne l'utilisateur expérimenté numéro 1 tentant de retrouver une page Web consacrée à *Cypripedium Calceolus*, *NR5* désigne l'utilisateur novice numéro 5 tentant d'identifier une *Goodyera Repens*. Dix utilisateurs (deux expérimentés et huit novices) ont essayé d'identifier leurs orchidées sans aucune aide de l'agent intelligent[1], tandis que dix autres (également deux expérimentés et huit novices) prenaient en considération les conseils de SAGE.

### *6.1.2. Analyse de résultats*

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'actions effectuées et le temps nécessaire pour l'identification d'une orchidée au cours de nos expérimentations :

Tableau 6.1. Résultats des expérimentations

| | **Utilisateur** | **Orchidée** | **nombre d'actions** | **temps, *secondes*** |
|---|---|---|---|---|
| **sans l'assistance de SAGE** | EC1 | *Cypripedium Calceolus (C)* | 7 | 220 |
| | NC1 | | 19 | 980 |
| | NC2 | | 17 | 650 |
| | NC3 | | 15 | 415 |
| | NC4 | | 9 | 670 |
| | *en moyenne (C)* | *sans SAGE* | 13,4 | 587 |
| | ER1 | *Goodyera Repens (R)* | 12 | 285 |
| | NR1 | | 12 | 430 |
| | NR2 | | 6 | 260 |
| | NR3 | | 11 | 650 |
| | NR4 | | 17 | 890 |
| | *en moyenne (R)* | *sans SAGE* | 11,6 | 503 |
| | *en moyenne* | *sans SAGE* | 12,5 | 545 |
| | EC2 | | 4 | 190 |

[1] Les conseils de SAGE étaient cachés des vues d'utilisateurs de ce groupe.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **avec l'assistance de SAGE** | NC5 | *Cypripedium Calceolus (C)* | 9 | 355 |
| | NC6 | | 5 | 130 |
| | NC7 | | 9 | 470 |
| | NC8 | | 6 | 260 |
| | *en moyenne (C)* | *avec SAGE* | 6,6 | 281 |
| | ER2 | *Goodyera Repens (R)* | 4 | 130 |
| | NR5 | | 11 | 420 |
| | NR6 | | 8 | 250 |
| | NR7 | | 12 | 600 |
| | NR8 | | 8 | 190 |
| | *en moyenne (R)* | *avec SAGE* | 8,6 | 318 |
| | *en moyenne* | *avec SAGE* | 7,6 | 299,5 |

Un premier résultat observé est la grande diversité et l'absence de corrélation entre le nombre d'actions et le temps d'exécution des sessions d'interactions des différents utilisateurs. Cette observation confirme le fait que des utilisateurs différents appliquent des stratégies de navigation radicalement différentes. Par exemple, pour identifier une instance de *Goodyera Repens*, l'utilisateur *NR1* (sans l'aide de SAGE) s'est d'abord renseigné sur le lexique utilisé et a regardé la signification de cinq termes dans le glossaire ; il a lancé ensuite une requête et, recevant en guise de réponse de SATELIT une douzaine de taxons conformes, il a ouvert une page Web pour chacun d'eux avant de tomber sur la bonne. Cela lui a pris 12 actions et 430 secondes. Un autre utilisateur, *NR2*, pour la même tâche, n'a pas du tout regardé le glossaire, il a lancé plusieurs requêtes sans regarder les pages consacrées aux taxons retrouvés, avant de trouver une requête rendant un seul taxon conforme. Pour identifier son orchidée, *NR2* a ainsi effectué seulement 6 actions en 260 secondes.

Sans suggestions de SAGE, l'identification d'une *Cypripedium Calceolus* requiert 13,4 actions et 587 s (en moyenne) ; l'identification d'une *Goodyera Repens* 11,6 actions et 503 s (en moyenne). Avec SAGE, l'identification de la première ne requiert plus que 6,6 actions et 281 s ; celle de la seconde 8,6 actions et 318 s (en moyenne)[1]. Il apparaît donc que le mécanisme d'apprentissage « amnésique » de SAGE ***permet de diviser par 2 le temps d'interactions et le nombre d'actions en moyenne. Au plus, pour certains utilisateurs SAGE a permis de réduire le temps d'interaction de 7,5 fois et le nombre d'actions de 4***

[1] La différence des résultats entre l'identification d'une C et celle d'une R est la même avec ou sans SAGE

***fois*** (NC1 et NC6). Cela n'empêche cependant pas SAGE de « perdre » parfois face à un utilisateur ayant une stratégie « astucieuse » de navigation : par exemple, l'utilisateur *NR2* qui n'a pas vu les suggestions de SAGE a été 2 fois plus rapide que l'utilisateur NR7 qui suivait les conseils de SAGE.

## 6.2. Mesures d'évaluation en apprentissage et en Recherche d'Information

Actuellement, il n'existe pas de techniques appropriées pour l'évaluation et la comparaison des performances des agents intelligents sur le Web [Asnicar et Tasso, 97]. Les agents intelligents utilisent à la fois des techniques d'apprentissage et de recherche d'information, car ils s'appliquent au domaine de la recherche documentaire. Les méthodes d'évaluation des approches existantes sont donc celles utilisées soit en apprentissage, soit en recherche d'information.

### *6.2.1. Méthodes et mesures d'évaluation en apprentissage*

Pour valider leurs approches certains auteurs s'appuient sur des mesures standards de la *précision de classification*[1], traditionnellement utilisées en apprentissage symbolique [Balabanovic et Shoham, 95], [Armstrong et al., 95], [Edwards et al., 96], [Pazzani et Billsus, 97]. L'évaluation de ces agents est basée sur l'utilisation d'un ensemble de tests composé d'exemples qui n'ont pas servi à la construction du système. Chaque exemple est donné en entrée (une série d'actions consistant en choix des pages observées, et des rétroactions de l'utilisateur jugeant ces pages) et l'on compare la sortie avec la valeur attendue du concept appris (« la page est intéressante pour l'utilisateur »). La mesure de la *précision de classification en apprentissage* reflète le taux d'erreur réalisé par l'agent, c'est la probabilité qu'un exemple choisi aléatoirement soit bien classé par l'agent. La précision réelle d'un agent est calculée en observant que chaque exemple de l'ensemble de test est un test de Bernouilli : la prédiction est correcte ou elle ne l'est pas [Moulinier, 97]. La performance des agents sur le Web évaluée selon la précision de classification varie considérablement : 44% pour WebWatcher [Armstrong et al., 95], 65% pour LAW [Edwards et al., 96], 75% pour Syskill&Webert [Pazzani et Billsus, 97].

L'apprentissage « amnésique » de SAGE est bien différent de celui des agents centrés sur un utilisateur particulier : il ne collecte pas les exemples d'une session de navigation à une autre, mais observe les actions *d'une seule session* de l'utilisateur pour inférer *un seul but* final de navigations. Il ne conserve donc la base d'exemples d'apprentissage que pendant une même session et les oublie tous à la fin de la session. SAGE ne possède donc pas de base de tests composée d'exemples n'ayant pas servi à la construction de la base d'apprentissage : il les utilise tous. Nous ne pouvons donc pas adopter pour l'évaluation de SAGE les méthodes existant en apprentissage. *Une seule prédiction de SAGE sera « correcte »* dans une session - celle suggérant de regarder la page Web du taxon recherché. Cependant, plusieurs conseils de SAGE peuvent être *pertinents,* car ils mettent en valeur les arguments composants de la description formelle sous forme de graphe conceptuel du taxon recherché et mènent ainsi la navigation dans la « bonne direction ».

### *6.2.2. Méthodes et mesure d'évaluation en Recherche d'Information*

Un deuxième groupe de développeurs d'agents sur le Web se basent sur des mesures de *précision* et *rappel*[2] issus du domaine de la Recherche d'Information [Salton, 91], [Mathé et Chen, 96] pour valider leurs approches. Le *rappel* mesure la largeur d'une

---

[1] En anglais : machine learning measure of classification accuracy

[2] En anglais : IR measures of precision and recall. Les termes anglais correspondants à deux mesure de *précision* sont differents : *precision* s'utilise en recherche documentaire et *accuracy* en apprentissage

recherche et correspond à la fraction des documents retrouvés par le système (par l'agent), tandis que la *précision* mesure la qualité de la recherche : c'est le rapport des décisions correctes sur l'ensemble des décisions prises. En effet, en Recherche documentaire, contrairement à l'apprentissage où il convient de bien classer tous les exemples de documents, on s'intéresse à déterminer le degré de *pertinence* des documents retrouvés (pages suggérés dans le cas d'agent) par rapport à une requête (par rapport aux actions effectués).

En 1995 une nouvelle mesure de performance a été développé par Y. Yao en recherche d'information, intégrant à la fois la précision et le rappel [Yao, 95]. Elle reflète la faculté d'un agent *d'ordonner correctement* les documents (les pages Web) selon leur intérêt potentiel pour l'utilisateur. La mesure *ndpm*[1] est une distance normalisée entre une estimation de l'utilisateur et celle de l'agent, effectuées toutes deux sur un même ensemble de documents observés. Plus précisément, elle permet d'apprécier dans quelle mesure l'agent retrouve l'information dont l'utilisateur a besoin. Contrairement aux méthodes traditionnelles en recherche d'information qui ne supposent que des *jugements de l'utilisateur sur la pertinence absolue* d'un document, la mesure de Yao est basée sur des *jugements comparatifs* : la pertinence de chaque document est estimée par rapport aux autres. Avec d'autres, [Balabanovic et Shoham, 97], [Asnicar et Tasso, 97], nous avons adopté une mesure *ndpm* comme critère d'évaluation de la performance de SAGE.

#### *6.2.2.1. Précision, rappel et ndpm*

Soit une collection de documents désignée par la lettre *D*. Elle peut être partitionnée en l'ensemble *Y* des documents retrouvés et l'ensemble $\overline{Y}$ des documents non retrouvés, ou encore en ensemble *X* des documents pertinents (jugés intéressants par l'utilisateur ou par l'agent) et l'ensemble $\overline{X}$ de ceux non pertinents :

| | Pertinents | Non pertinents | |
|---|---|---|---|
| retrouvés | $X \cap Y$ | $\overline{X} \cap Y$ | Y |

[1] normalized distance-based performance

| | | | |
|---|---|---|---|
| non retrouvés | $X \cap \overline{Y}$ | $\overline{X} \cap \overline{Y}$ | $\overline{Y}$ |
| | X | $\overline{X}$ | D |

Figure 6.1. Partition d'une collection de documents

**Définition 6.1. [Précision *P*] :** *nombre de documents pertinents retrouvés par rapport à l'ensemble des documents retrouvés :* $P = \frac{|X \cap Y|}{|Y|}$.

**Définition 6.2. [Rappel *R*] :** *nombre de documents pertinents retrouvés par rapport à l'ensemble des documents pertinents :* $R = \frac{|X \cap Y|}{|X|}$.

**Définition 6.3. [Défaite *F*][1] :** *nombre de documents non pertinents retrouvés par rapport à l'ensemble des documents non pertinents:* $F = \frac{|\overline{X} \cap Y|}{|\overline{X}|}$.

**Définition 6.4. [ndpm] :** *distance normalisée entre les jugements de l'utilisateur et de l'agent quant à la pertinence des documents retrouvés :*

$$ndpm = \frac{1}{2}(1 + F - R) = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{|\overline{X} \cap Y|}{|\overline{X}|} - \frac{|X \cap Y|}{|X|}\right).$$

Dans notre cas nous estimons la pertinence non pas de documents mais *d'arguments* d'actions de navigation. Plus précisément, *D* désigne l'ensemble des arguments possibles que peut choisir l'utilisateur dans les outils pendant ses actions ($|D| = 390$). *X* est l'ensemble des *arguments pertinents*, c'est-à-dire présents dans la description formelle sous forme de graphe conceptuel du taxon recherché, et *Y* est l'ensemble des *arguments du modèle courant d'utilisateur* après une action de l'utilisateur pour laquelle SAGE a retrouvé des arguments concordants et avec lesquels il a complété le modèle d'utilisateur.

[1] en anglais : fallout

### *6.2.3. Evaluation de la performance de SAGE selon la mesure ndpm*

Considérons deux exemples représentatifs de calcul de mesure *ndpm.* Le premier a trait à une série d'interactions de l'utilisateur *NR5* (cf. § 6.1.2.) qui, en acceptant les conseils de SAGE, a effectué 11 actions pour retrouver la page Web contenant la description du taxon *Goodyera Repens*. Ses actions et les composants du modèle d'utilisateur construit sont décrits dans l'annexe A de cette thèse. Le second exemple a trait à une série de 15 actions de l'utilisateur *NC3* (cf. § 6.1.2.) qui cherchait la page Web dédiée au taxon *Cypripedium Calceolus* sans accéder aux suggestions de SAGE.

La première action de la session de *NR5* a été standard et automatique : le système a ouvert la page de la racine de la taxinomie consacrée au taxon *Orchidaceae* et l'agent SAGE a retrouvé 11 arguments concordants dont 5 sont pertinents ; le graphe conceptuel du taxon recherché *Goodyera Repense* possède 54 argument de types taxon, concept ou triplet.

Cette situation est résumée sur la figure 6.2. ci-dessus :

| | pertinents | non pertinents | |
|---|---|---|---|
| retrouvés | 5 | 6 | 11 |
| non retrouvés | 49 | 330 | 379 |
| | 54 | 336 | 390 |

Figure 6.2. Partition d'une collection de documents après la première action de *NR5*

A ce stade, la performance de SAGE est égale à $ndpm_1 = ½(1+6/336 - 5/54) = 0.463$.

La deuxième action de l'utilisateur *NR5* a été de regarder la page du glossaire pour apprendre le concept *labelle.* Le modèle d'utilisateur compte alors 54 arguments dont 18 sont pertinents (cf. figure 6.3. ci-dessous) :

| | pertinent s | non pertinents | |
|---|---|---|---|
| retrouvés | 18 | 36 | 54 |
| non retrouvés | 36 | 300 | 336 |
| | 54 | 336 | 390 |

Figure 6.3. Partition d'une collection de documents après la deuxième action de *NR5*

A ce stade, la performance de SAGE est égale à $ndpm_2 = ½(1+36/336 - 18/54) = 0.387$.

Après la troisième action de l'utilisateur *NR5,* qui a accepté le conseil de SAGE de composer la requête « Trouver les taxons dont le labelle n'est pas en forme de sabot », le modèle d'utilisateur compte alors 158 arguments dont 44 sont pertinents et la performance de SAGE est égale à $ndpm_3 = 0.262$. La courbe des losanges ci-dessous (figure 6.1.) représente l'évolution de la mesure ndpm pendant cette session des interactions de l'utilisateur *NR5*.

Quant au deuxième exemple d'interactions de *NC3,* l'utilisateur n'a pas accès aux conseils de SAGE et a choisi ses 15 actions à son gré. Néanmoins, dès la cinquième action de *NC3,* SAGE avait déduit le « bon » argument et proposait de voir la page Web consacrée au taxon *Goodyera Repens*. Les suggestions de SAGE lui étant cachées, *NC3* a eu besoin de dix interactions supplémentaires avant de découvrir cette page Web. La courbe des carrés sur la figure 6.4. représente l'évolution de la mesure *ndpm* pendant la session des interactions de l'utilisateur *NC3*.

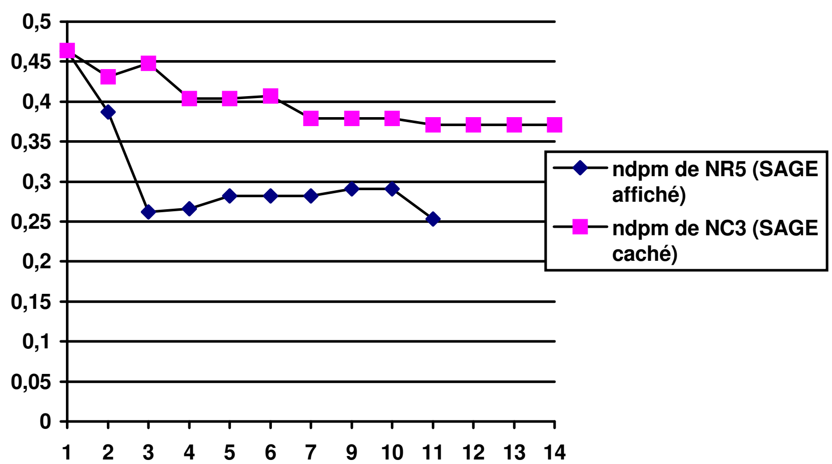



**Figure 6.4.** La mesure *ndpm* durant deux sessions d'interactions - de NR5 et de NC3

On remarque que la mesure *ndpm* de *NR5* diminue fortement pendant ses trois premières actions, tandis que le nombre d'arguments dans le modèle d'utilisateur accroît fortement (passant de 11 à 158) ; elle reste ensuite stable, tandis que le nombre d'arguments dans le modèle d'utilisateur n'évolue presque plus (passant de 175 à 206 en 8 actions). L'argument recherché *Goodyera Repens (R)* a été placé dans le modèle d'utilisateur dès la troisième action et a été suggéré après la sixième action, ce qui n'a pas empêché l'utilisateur NR5 de continuer d'autres navigations jusqu'à la onzième action. C'est pourquoi la mesure ndpm augmente légèrement à partir de la troisième action : le « bon » argument aurait dû intéresser l'utilisateur mais n'est pas choisi ; la distance entre le jugement de SAGE et celui de l'utilisateur quant à l'argument recherché augmente.

La mesure *ndpm* de *NC3* est considérablement plus élevée que *ndpm* de *NR5*, c'est-à-dire qu'étant cachés, les jugements de SAGE sur l'objet recherché sont toujours assez distincts des jugements de l'utilisateur. Cette mesure varie peu : elle diminue légèrement au cours de la session, mais ne fait pas de grands sauts comme celle de *NR5.* Cela s'explique par un nombre d'arguments dans le modèle d'utilisateur stable tout au long de la session (passant de 109 à 135 entre la troisième et la quinzième action) - ne recevant pas de rétroactions explicites de l'utilisateur, SAGE ne peut pas bien propager l'hypergraphe de la base de connaissances de SATELIT (cf. § 5.2.).

Bien que dans ces deux exemples le nombre de composants du modèle d'utilisateur varie peu, les poids qui leur sont associés évoluent continuellement, ce qui permet à SAGE d'améliorer ses suppositions quant au but final de l'utilisateur. La figure 6.5. ci-dessous montre l'augmentation du poids de l'argument recherché *Goodyera Repens (R)* durant la session d'actions de *NR5*. Pour comparaison, les deux autres courbes de la figure 6.5. montrent l'évolution des poids de deux autres « candidats potentiels » à être le but final de l'utilisateur, *Cephalantera Longifolia*[1] *(L)* et *Epipogon Aphyllum*[2] *(A)* :

---

[1] a été suggéré par SAGE et choisi par NR5 dans la 5$^{ème}$ action

[2] a été suggéré par SAGE après la 5$^{ème}$ et la 6$^{ème}$ actions, mais non choisi par NR5

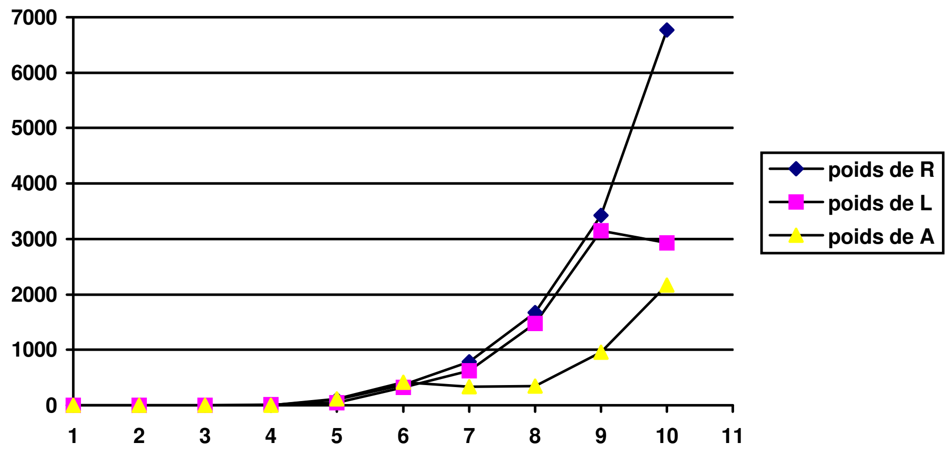



**Figure 6.5.** Evolution du poids associé à l'argument recherché durant une session de 11 actions

L'analyse de ce graphique montre que les taxons représentant les orchidées *R* et *L* « se ressemblent » : leurs poids sont presque identiques jusqu'à la neuvième action de l'utilisateur. Par contre, après cette neuvième action où l'utilisateur a regardé la page consacrée à l'orchidée *Epipactis Helleborine* et envoyé ses rétroactions, le poids de L tombe et celui de R monte brusquement.

D'autre part, en début de session, SAGE suggère plutôt d'apprendre les concepts du domaine et de composer des requêtes, car il n'est pas sûr de la direction de navigation de l'utilisateur. Dès que l'utilisateur commence à regarder des pages Web dédiées à différents taxons, plus il envoie de rétroactions, plus SAGE conseille de visiter d'autres pages Web : le poids des arguments de type « taxon » dépassent celui des arguments d'autres types. La figure 6.6. ci-dessous met en évidence cette évolution du type d'argument suggéré au cours de la session de *NR5* :

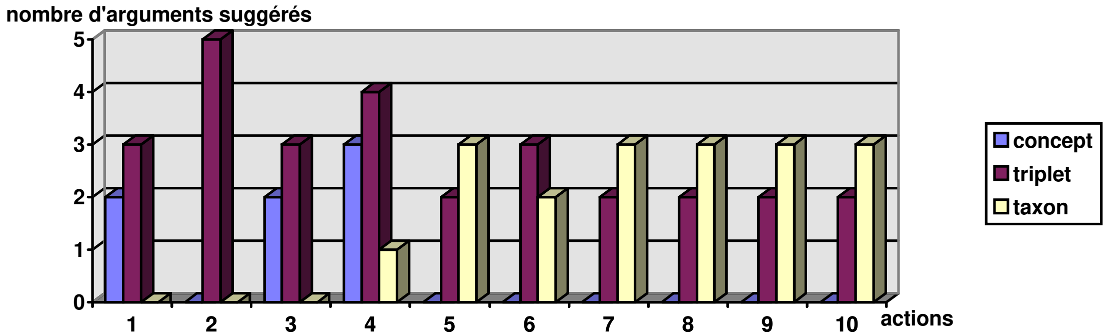



**Figure 6.6.** Nombre de suggestions d'arguments de trois différents types durant une session de 11 actions de *NR5*

## 6.3. Comparaison de l'efficacité de SAGE avec celle d'autres agents sur le Web

Comme nous l'avons précédemment souligné (cf. § 4.3.), « l'identification des techniques pertinentes d'évaluation des agents intelligents sur le Web et de comparaison des résultats obtenus est essentielle pour harmoniser le développement des différentes approches » [Asnicar et Tasso, 97]. Le manque de publication de ces résultats nous empêche de comparer l'efficacité de l'agent SAGE à celles de la plupart des autres agents. Nous pouvons cependant comparer avec la mesure *ndpm* l'efficacité de SAGE à celle d'agents adoptant cette technique d'évaluation : deux agents actifs de navigation autonome ifWeb et FAB (§ 4.3.1.) et les agents passifs d'indexation (§ 4.2.). Nous comparons ensuite l'efficacité de SAGE à celle des agents d'apprentissage « amnésique » des hypermédias adaptatifs Active Browser et HYPERFLEX.

### *6.3.1. Comparaison de SAGE avec les agents intelligents de navigation autonome sur le Web*

Les expérimentations sur l'agent ifWeb [Asnicar et Tasso, 97] consistent en son utilisation par quatre humains naviguant sur le Web pendant neuf sessions chacun. ifWeb commence avec un modèle d'utilisateur obtenu à travers une série limitée de pages observées (en général 4-6) et raffine ce modèle grâce aux rétroactions de l'utilisateur. Durant chaque session, ifWeb fonctionne de manière autonome, affiche les résultats et demande à l'utilisateur des rétroactions quant à l'intérêt potentiel des pages qu'il lui propose. La mesure *ndpm* a permis de comparer le jugement de l'agent de l'intérêt d'une page Web à celui de l'utilisateur.

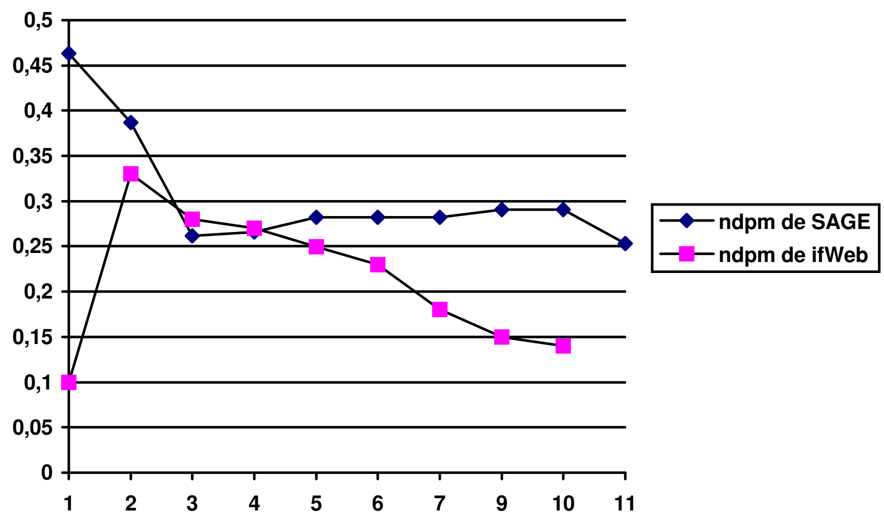



**Figure 6.7.** Comparaison de l'efficacité de SAGE et de ifWeb selon la mesure *ndpm*

Soulignons que la comparaison de SAGE et if Web est discutable, car il s'agit de types d'agents différents. L'inférence des préférences de l'utilisateur est basée dans if Web sur un *apprentissage centré sur l'utilisateur* (§ 2.2.4.) et ifWeb augmente ses connaissances apprises sur un utilisateur particulier après chaque nouvelle session de celui-ci. Au contraire, SAGE est basé sur une méthode d'*apprentissage « amnésique »* (§ 2.2.4.) pour déduire *le but* final des navigations d'un utilisateur durant *une* session et oublie les connaissances apprises à chaque fin de session. C'est ce qui explique la différence d'efficacité de SAGE et ifWeb sur la figure 6.7. En effet, ifWeb raffine ses connaissances à chaque nouvelle session, il ordonne plus correctement les pages Web selon leur intérêt pour un utilisateur particulier, et la valeur de *ndpm* diminue progressivement. Au contraire, SAGE ne révise ses connaissances qu'au cours d'une même session d'interactions : la *ndpm* diminue fortement pendant les premières actions (tandis que le nombre d'arguments dans le modèle d'utilisateur croît fortement) puis se stabilise (tandis que le nombre d'arguments dans le modèle d'utilisateur est lui-même stable). SAGE distingue assez tôt le « bon » argument qui devrait intéresser l'utilisateur et le place dans le modèle d'utilisateur ; mais comme cet argument reste assez longtemps non choisi, à partir de la troisième ou quatrième action, la *ndpm*, c'est-à-dire la distance entre le jugement de SAGE et celui de l'utilisateur quant à l'argument recherché croit lentement.

Ainsi, les agents d'apprentissage centrés sur l'utilisateur et ceux d'apprentissage « amnésique » se comportent de manières tout à fait différentes : pour les premiers, la distance entre leur jugement et celui de l'utilisateur (*ndpm*) diminue avec le temps (il est égal à 0.17 au bout de 9 sessions pour ifWeb, et à 0.02 au bout de 25 sessions pour FAB) ; pour les seconds, elle décroît fortement durant les premières actions d'une session et n'évolue presque plus ensuite (*les choix* d'arguments ne changent pas, seuls *les poids* changent).

En conséquence, nous proposons comme plus pertinente une comparaisons de SAGE avec les autres agents sur le Web basée non pas sur leur ndpm au cours d'une session mais sur *la moyenne de la ndpm* estimant l'efficacité interposée durant une session pour SAGE et durant plusieurs session pour les agents de navigation autonome centrés sur l'utilisateur et pour les agents passifs. La figure 6.8. ci-dessous présente les résultats obtenus :

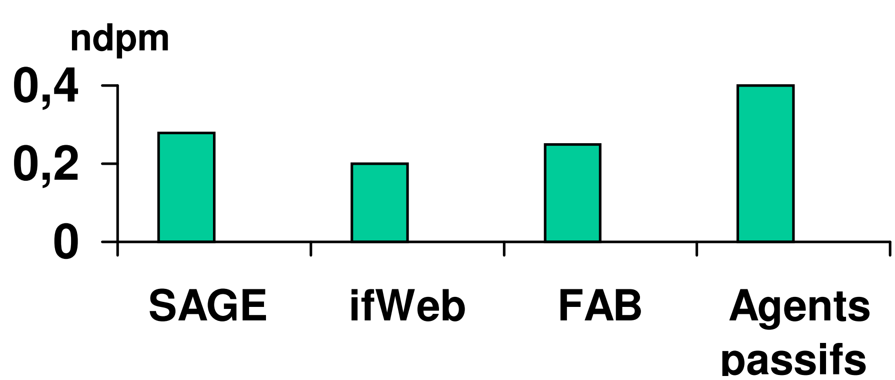



**Figure 6.8.** Comparaison de l'efficacité de SAGE, ifWeb, FAB et des agents passifs selon la mesure *ndpm moyenne*

Ce diagramme montre que selon la mesure *ndpm moyenne,* l'ordonnancement des pages Web qui peuvent intéresser l'utilisateur est le meilleur pour l'agent ifWeb, sensiblement identique pour FAB et SAGE et moins bon pour les agents passifs d'indexation.

### *6.3.2. Comparaison avec les agents des hypermédias adaptatifs*

Quant aux agents actifs de troisième type, c'est-à-dire dont la sphère d'activité sur le Web est limitée à une application particulière (§ 4.3.3.3.), nous ne pouvons comparer l'efficacité d'aucun d'eux avec celle de SAGE. SiteHelper [Ngu et Wu, 97], FindMe [Burke et al., 97], AVANTI [Fink et al., 97] et PUSH [Espinoza et Höök, 96] sont les seuls agents à notre connaissance qui assistent le processus de navigation d'applications particulières sur le Web ; aucun d'eux n'est encore véritablement opérationnel, aucun résultat d'expérimentation n'est encore publié.

Nous pouvons cependant comparer l'efficacité de SAGE par rapport à celle des agents des hypermédias adaptatifs Active Browser [Drummond, 92] et HYPERFLEX [Kaplan et al., 93], qui ne sont pas encore transférés sur le Web et fonctionnent dans les environnements locaux d'UNIX et de Macintosh respectivement. Ce sont deux des rares exemples d'agents d'apprentissage « amnésique » pour lesquels des tests de performances ont été réalisés et les résultats publiés.

Active Browser, comme SAGE, aide l'utilisateur à retrouver un objet dans une librairie électronique en observant les actions de celui-ci et en construisant un modèle d'utilisateur consistant en les arguments de ses actions. Un *« critère de réussite »* d'Active Browser a été défini par ses auteurs : l'agent est gagnant (contre l'utilisateur) si après au plus cinq actions de l'utilisateur l'agent place l'argument recherché parmi les dix meilleures suggestions. Les tests ont été effectués avec cinq utilisateurs, ayant tous une certaine expérience dans le domaine et devant trouver cinq objets dans la librairie de Smalltalk. Ces expérimentations se sont déroulées différemment de celles de SAGE. Les utilisateurs ont poursuivi leurs actions de navigations jusqu'à ce qu'ils trouvent l'objet en ne voyant pas les suggestions de l'agent. Les auteurs ont ensuite comparé le nombre d'actions effectuées par l'utilisateur et par l'agent caché : si, selon le « critère de réussite », l'agent a retrouvé l'objet plus tôt que l'utilisateur, il est « gagnant », sinon - il est « perdant » ; si l'agent et l'utilisateur ont retrouvé l'objet en même temps, la partie est « nulle ».

Les résultats d'Active Browser sont les suivants : dans 40% des cas, l'agent a retrouvé l'objet recherché plus vite que l'utilisateur (l'agent a gagné 6 fois, il a perdu 7 fois, et 10 parties ont été « nulles »). La dernière version de la procédure « d'apprentissage amnésique » de cet agent améliore sa performance : dans 52,6% des cas, l'agent retrouve l'objet plus tôt que l'utilisateur [Holte et Yan, 96]. Cette version prend en compte non seulement « l'inférence positive », mais aussi « l'inférence négative » (c'est-à-dire le traitement dans les règles non seulement des arguments auxquels l'utilisateur s'intéresse, mais aussi ceux auxquels il ne s'intéresse pas).

Nous pouvons utiliser le « critère de réussite » d'Active Browser pour évaluer SAGE. Le tableau ci-dessous présente le nombre d'actions effectuées par les utilisateurs de SATELIT afin d'identifier une orchidée sans l'aide de SAGE et le nombre d'actions effectuées par SAGE dans le même but :

Tableau 6.2. Nombre d'actions effectuées par l'utilisateur et par SAGE afin d'atteindre le même but

| Utilisateur | Nombre d'actions | Numéro de l'action quand SAGE a placé l'argument recherché dans le modèle d'utilisateur | Numéro de l'action quand SAGE aurait suggéré l'argument recherché si ses suggestions n'étaient pas cachées |
|---|---|---|---|
| EC1 | 7 | 2 | 3 |
| NC1 | 19 | 2 | 17 |
| NC2 | 17 | 8 | 16 |
| NC3 | 15 | 2 | 5 |
| NC4 | 9 | 4 | 7 |
| ER1 | 12 | 3 | 4 |
| NR1 | 12 | 3 | 4 |
| NR2 | 6 | 2 | 3 |
| NR3 | 11 | 4 | 5 |
| NR4 | 17 | 6 | 9 |

Selon le « critère de réussite » d'Active Browser, où l'agent gagne si, après cinq actions de l'utilisateur, l'agent place l'argument recherché dans la liste des dix meilleures suggestions (dans notre cas cinq suggestions), SAGE a gagné dans 60% des cas[1], ce qui est tout à fait comparable avec les résultats d'Active Browser. Dans ces expériences, SAGE n'a reçu aucune rétroaction, ce qui a compliqué le processus d'apprentissage « amnésique ».

Les auteurs d'Active Browser n'ont malheureusement pas effectué de série d'expérimentations avec les suggestions de l'agent affichées à l'utilisateur, pour estimer l'efficacité de ses conseils. C'est pourquoi, nous ne pouvons pas réellement comparer les performance de SAGE et d'Active Browser.

HYPERFLEX [Kaplan et al., 93] est un autre hypermédia adaptatif basé sur une méthode d'apprentissage « amnésique » pour accélérer le processus de navigation de l'utilisateur. Il a été testé par quatre utilisateurs essayant de retrouver une information pertinente dans un manuel technique de systèmes experts d'IBM. Chaque individu devait retrouver dans ce manuel les réponses à dix questions. Cinq d'entre eux ont bénéficié de l'aide de l'agent intelligent d'interface d'HYPERFLEX, et cinq d'autres non. Le temps nécessaire à chaque utilisateur pour répondre à chaque question a été mesuré, ainsi que le nombre total d'actions effectuées et le nombre de réponses correctes. Les résultats sont les suivants : dans le groupe utilisant les suggestions de l'agent, le temps dépensé diminue de 35% par rapport au temps nécessaire dans l'autre groupe, et le nombre d'actions diminue de 28%, tandis que la précision des réponses augmente de 8%. Ces résultats sont parfaitement comparables à ceux de SAGE : diminution de temps de 45,1% et diminution de nombre d'actions effectuées de 39,2% pour les utilisateurs appliquant les conseils de l'agent.

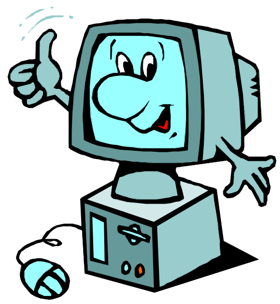
## 6.4. Conclusion

---

[1] Les cas de « victoire » de SAGE sont soulignés en gris dans le tableau 6.2

Nous avons présenté une série de vingt expérimentations effectués en vue de la validation de notre approche. Compte tenu de l'absence des algorithmes fiables pour l'évaluation des agents intelligents d'interface et du manque de résultats publiés dans ce domaine, nous avons adopté la mesure *ndpm* comme métrique de validation et de comparaison des agents intelligents. Les expérimentations réalisées ont montré la puissance et l'efficacité de notre approche : l'apprentissage « amnésique » de SAGE permet d'accélérer les navigations de l'utilisateur par deux en moyenne et jusqu'à 7,5 dans certains cas. En se basant sur la mesure *ndpm,* la comparaison de SAGE avec d'autres agents intelligents fonctionnant sur le Web et essayant d'induire les préférences et les buts de l'utilisateur, montre des efficacités similaires. La comparaison de SAGE avec les agents des hypermédias adaptatifs montre une relative supériorité de SAGE.

# CHAPITRE 7



# Conclusion générale

## 7.1. Nos contributions

Le rôle de l'information dans la société moderne devient de plus en plus important. Elle est devenue un instrument et un outil de résolution de problèmes divers. Bien que de nos jours nous sachions à stocker et représenter l'information, manque de connaissances pour la gérer nous rend vulnérables quant à son utilisation. La question *de l'accès* à l'information ne se pose plus : la multiplicité des sources y compris électroniques, fait que nous sommes submergés par elle. *Trouver* l'information dont nous avons vraiment *besoin* parmi toutes dont nous disposons - voilà le problème à présent.

Cette question de recherche de l'information pertinente aux besoins implicites d'un utilisateur se pose assez vivement dans le domaine d'hypermédia, et surtout pour un hypermédia particulier - le réseau mondial Internet. Dans le cadre de cette thèse nous avons présenté un hypermédia, SATELIT, fonctionnant sur le Web. Ce système basé sur des connaissances taxinomiques est enrichi de possibilités de recherche d'information. Nous avons dégagé les spécificités des connaissances taxinomiques et montré l'adéquation du formalisme choisi des graphes conceptuels à la tâche de représentation de telles connaissances. Les graphes conceptuels conviennent à la représentation de connaissances taxinomiques grâce à leur intelligibilité, l'efficacité et la puissance de raisonnement qu'ils autorisent, leur lisibilité interne et leur traduction facile en langage naturel (ce qui est très important pour un système interactif). Ainsi, l'hypermédia enrichi de connaissances taxinomiques offre à l'utilisateur un réseau sémantiquement riche, ce qui permet à l'utilisateur non seulement de naviguer sur les informations hypermédias, mais aussi de composer des requêtes. La consultation devient ainsi plus souple et plus puissante.

Mais une telle richesse et une telle flexibilité de notre système offrant de multiples possibilités d'interactions suscite néanmoins certains problèmes. Ne sachant pas exprimer formellement son but final de navigation, l'utilisateur avance très lentement dans l'abondance des hyper-liens : il *se perd dans l'hyper-espace.* En plus, il ne sait pas *formuler explicitement sa requête* puisqu'il n'est pas sûr du but final de ses recherches. Pour résoudre ces problèmes, nous proposons d'intégrer au sein de SATELIT un assistant intelligent, fruit du nouveau paradigme d'interface « homme-machine » présenté dans cette thèse. Nous avons défini un tel assistant comme un *agent intelligent d'interface doué de la faculté d'apprentissage*, qui, grâce à cette capacité peut anticiper les actions et adapter l'interface aux besoins d'un utilisateur particulier. Cet agent « ...sait comment il faut faire des affaires que vous feriez vous-mêmes si vous aviez plus de temps », comme le remarque Ted Selker [Selker, 94]. Similaire à un assistant humain, un agent intelligent peut découvrir des nouvelles relations ou des concepts du domaine indépendamment de l'utilisateur, et explorer les connaissances apprises afin d'anticiper et de satisfaire les besoins de l'utilisateur. SAGE, l'agent intelligent de navigation de SATELIT est capable d'apprendre le but implicite de recherche de l'utilisateur et de le guider vers les « meilleurs » choix, en améliorant la navigation de manière assez efficace. Cet agent aide aussi l'utilisateur à composer des requêtes, le délivrant à la fois des manipulations de l'outil de recherche d'information et de la formulation explicite du but de recherche.

Comme pour les réseaux de neurones ou le traitement du langage naturel (en Intelligence Artificielle) il y a quelques années, les agents intelligents risquent aujourd'hui de souffrir de la campagne publicitaire diffusée par les médias. Bien que porteuse d'enthousiasme, celle-ci pourrait créer de faux espoirs qui conduiraient de nouveau à une grande déception. Comme les mots « super », « turbo » et « hyper », le terme d'« agent » est très attirant, même si peu de monde comprend le sens exact de ces termes. En effet, les agents n'expriment pas une nouvelle idée, ce n'est qu'un « vieux vin dans une nouvelle bouteille » [Hermans, 96].

Pour l'instant les logiciels à base d'agents sont rudimentaires, « ils ne peuvent pas encore voler, mais ils commencent déjà à marcher », - a remarqué un des chercheur [Hermans, 96]. En fait, les agents commencent à peine à sortir des laboratoires de recherche et il semble qu'un long chemin reste encore à parcourir avant qu'ils ne puissent un jour « voler ». Afin de rendre les agents puissants, robustes et efficaces, les chercheurs tentent de pallier de nombreux problèmes :

- *construction d'hypothèse* : Comment l'agent doit-il choisir une hypothèse parmi plusieurs, concernant un but quelconque de l'utilisateur ? Comment peut-il réagir aux éventualités et différentes occasions qui se présentent ? Comment peut-il arbitrer parmi plusieurs buts en conflit entre eux ? Comment peut-il distinguer le « bruit » dans les actions souvent ambiguës de l'utilisateur ? Comment doit-il réagir en temps réel ?

- *apprentissage à partir d'observations* : Comment un agent peut-il améliorer sa performance à base de ses observations continues ? Comment peut-il distinguer les actions« plus » ou « moins » informatives de l'utilisateur afin de construire l'hypothèse la plus « vraisemblable » à propos de son but ? De quelle façon doit-il incorporer dans le modèle d'utilisateur les connaissances reçues de rétroactions de l'utilisateur ? Comment peut-il corriger ses connaissances « erronées » ou « contrefaites» ?

• *sources d'apprentissage* : Qu'est-ce une « bonne » stratégie d'apprentissage pour un agent ? Lorsque l'utilisateur accepte tous les conseils d'un agent, l'apprentissage à base d'observation d'actions, ne devient-il pas l'apprentissage à base de ses propres suggestions ? Comment un agent peut-il éviter de telles « boucles » et des « impasses » en apprentissage ? Faut-il munir un agent de connaissances initiales prédéfinies et incorporées dans le modèle de l'utilisateur ? Comment gérer les échanges de connaissances multi-agents ?

• *affichage de suggestions* : De quelle façon il faut représenter les suggestions d'un agent à l'utilisateur ? A quel moment interagir ? Combien de suggestions afficher ? L'affichage doit-il évoquer des « émotions » de l'agent ? Comment afficher les « confiances » des suggestions ?

Dans le cadre de cette thèse, nous avons essayé de répondre à certaines de ces questions. Nous avons analysé les différents types d'agents intelligents, notamment fonctionnant dans l'environnement du Web, et nous avons dégagé un nouveau type d'agent, différent des autres par le mécanisme d'apprentissage « amnésique » qu'il utilise pour une construction du modèle dynamique de l'utilisateur. Le mécanisme original d'apprentissage que nous avons présenté dans cette thèse combine la métrique adaptée TFIDF traditionnellement utilisée par les agents du Web et les méthodes classiques des hypermédias adaptatifs basées sur l'analyse de connaissances sur un domaine d'application. Nous avons testé notre approche et nous avons comparé l'agent SAGE construit à la base de cette approche avec d'autres agents intelligents d'hypermédias. Une telle comparaison (cf. § 6) nous permet de conclure que notre approche est bien valide et se montre assez efficace pour les tâche de recherche d'information hypermédia dans les domaines taxinomiques : l'apprentissage « amnésique » de SAGE permet d'accélérer les navigations de l'utilisateur de SATELIT d'un facteur 2 fois en moyenne (7,5 dans certains cas), en diminuant à la fois le nombre d'actions effectuées et le temps passé.

## 7.2. Perspectives

Nous avons présenté une approche d'apprentissage « amnésique » permettant à SAGE d'inférer le but final de recherche de l'utilisateur en même temps que l'utilisateur le découvre lui-même. Une fois le but atteint, SAGE oublie toutes les connaissances acquises et recommence le processus pour un nouveau but ou un nouvel utilisateur. Essayer d'autres algorithmes d'apprentissage à long terme, centrés sur l'utilisateur et/ou sur la tâche sont nos deux perspectives.

Dans le premier cas, l'apprentissage centré sur l'utilisateur permettrait de distinguer un utilisateur particulier du système et utiliserait toutes les connaissances apprises sur lui et stockées dans son modèle d'utilisateur pour mieux le guider dans ses interactions. SAGE pourrait par exemple garder l'information sur le niveau de connaissances de l'utilisateur dans le domaine et ne pas proposer de regarder l'explication des termes bien connus de celui-ci. Par ailleurs, SAGE pourrait bénéficier des connaissances extraites auparavant à partir de pages Web visitées : si, par exemple, l'utilisateur choisit une orchidée à planter dans son jardin, SAGE pourrait considérer la dernière page ouverte lorsque la dernière consultation comme un exemple positif de ses préférences, et les pages intermédiaires comme des exemples négatifs.

Dans le cas d'un apprentissage centré sur la tâche, SAGE pourrait profiter de connaissances extraites à partir d'observation des actions d'un utilisateur pour les appliquer au bénéfice d'un autre. Une généralisation d'observations pourrait servir pour une construction de nouveaux hyper-liens dynamiques du réseau de SATELIT et donc pour les prochaines « bonnes » suggestions. Si, par exemple, SAGE s'apercevait que trois quarts des utilisateurs-novices commencent une session par un renseignement dans le glossaire sur un concept « labelle », l'agent pourrait renforcer le poids de ce concept et le proposer systématiquement comme première suggestion. D'autre part, en analysant la chaîne d'actions d'un utilisateur, SAGE pourrait généraliser certains « patterns » et suggérer à l'utilisateur un chemin plus court vers le but final. Une fois que SAGE a découvert « le plus proche voisin » de l'utilisateur ayant le même « pattern » dans sa chaîne d'actions, il pourrait lui suggérer d'aller « tout droit » vers le but déjà atteint par son « sosie » : soit il s'agit des mêmes buts, soit de buts très similaires.

Nous avons présenté l'algorithme de fonctionnement de SAGE dans le mode de « navigation adaptative » destiné à un utilisateur-novice. Mais SATELIT est aussi destiné aux utilisateurs-experts développant des applications dans les domaines taxinomiques. Ces utilisateurs ont également besoin d'un assistant intelligent. Dans sa version actuelle, SAGE n'aide les experts que lors de la construction de la base de connaissances en assistant le processus d'acquisition de connaissances sur l'ajout d'un nouveau taxon. SAGE n'épaule pas les experts au moment de la création d'une nouvelle page hypermédia ni ne donne de conseils pour établir de lien d'une page Web vers une autre. Elargir l'assistance de SAGE pour des utilisateurs-experts est également une de nos perspectives.

Nous pensons également intégrer à SAGE un mécanisme de reconnaissance « d'écoles de classification » (cf. § 3.1.1.). Il s'agit d'établir l'école à laquelle appartient un expert ainsi que son niveau de connaissances, avant de lui permettre d'accéder à une des taxinomies développées et de la modifier. Seuls les experts d'une même école et d'un même niveau de connaissances peuvent développer les mêmes taxinomies. Quelques-unes de nos idées dans cette direction basées sur l'utilisation de l'arbre de traits discriminants, furent présentées à la conférence « User Modeling 97 » [Akoulchina et Ganascia, 97a]. Nous envisageons en outre de coupler SATELIT avec le système COING de regroupement conceptuel [Bournaud, 96] afin d'offrir aux systématiciens un outil d'investigation qui leur permettrait de réviser les structures taxinomiques établies d'un domaine.

Une autre perspective est d'appliquer les travaux théoriques de Catherine Faron sur les exceptions dans les taxinomies [Faron, 97]. La version actuelle de SATELIT ne tient pas compte des éventuelles exceptions dans les descriptions de taxons, même si elle permet aux experts d'introduire toute sorte d'informations lors du développement d'une application. La base de connaissances de SATELIT enrichie des formalismes présentant et traitant des exceptions du domaine suscitera un changement de l'algorithme de fonctionnement de

SAGE. L'adaptation de cet algorithme aux nouvelles connaissances enrichies d'exceptions est une perspective de nos recherches théoriques à plus long terme.

## 7.3. Le futur des agents intelligents d'interface

Bien qu'il existe beaucoup de questions ouvertes dans le domaine des agents intelligents, « les plus grandes difficultés sont sociales et non techniques », souligne Donald Norman [Norman, 96]. Comment les agents intelligents interagiront-ils avec les utilisateurs ? Quelle idée les utilisateurs se feront-ils de ces agents ? Seront-ils prêt à les accepter ? Les agents soulèvent de nombreuses questions d'ordre social, parmi lesquelles plusieurs chercheurs dans ce domaine évoquent :

- *la confiance* : comment peut-on faire confiance à l'agent et rectifier son comportement en cas d'erreur ?
- *l'intimité et la confidentialité* : comment être sûr que l'agent agissant pour notre compte préservera la confidentialité ?
- *l'abandon d'autorité* : peut-on déléguer une partie de notre responsabilité à un agent ?
- *la législation* : comment définir les responsabilités si, par exemple, l'agent d'un utilisateur donne de mauvais conseils à l'agent d'un autre utilisateur, lui portant ainsi préjudice ? Qui est responsable ? Est-ce la société qui a développé l'agent ou bien est-ce l'utilisateur qui a personnalisé son agent ?

Dans un premier temps, les agents viendront enrichir les applications simples comme le traitement de texte ou les tableurs. Puis ils intégreront progressivement des applications plus complexes. On assistera à une *évolution* plutôt qu'à une *révolution*. Comme le prédit Hyacinth S. Nwana dans [Nwana, 96], à moyen terme (dans 5 ans), les agents seront largement commercialisés et auront des applications industrielles. Ils ne contenteront plus de faire de la simulation, ils géreront réellement le trafic aérien ou contrôleront de vrais réseaux de télécommunication. A plus long terme (dans 10 ans et plus), les agents devraient améliorer les algorithmes d'apprentissage et de collaboration afin de recevoir plus d'autonomie. Ils devraient posséder des capacités de négociation riches et certains devraient manifester ce que l'on pourrait appeler de l'« émotion » (pour évaluer leur performance face aux rétroactions de l'utilisateur). Enfin, ils devraient apporter une autre façon de concevoir des logiciels complexes. Rêvons avec Tom Henry, vice président de la compagnie SandPoint, qui pense que bientôt « utiliser les agents intelligents deviendra aussi naturel et ordinaire, que décrocher un combiné téléphonique ou lire un journal du soir ».

Les perspectives d'une introduction rapide et définitive des agents intelligents dans l'interface du Web sont soulignées par de nombreux chercheurs. D'une part c'est la conséquence d'une croissance explosive de l'information disponible sur ce support : si dans les années 1980 le volume d'information a été doublé tous les cinq ans, en 1988 - tous les 2.2 ans, en 1992 - tous les 1.6 ans ; maintenant il est doublé tous les cinquante jours ! [Nwana, 96]. Nous avons vivement besoin des agents intelligents autonomes qui nous assistent dans nos désespérantes navigations à travers cette énorme toile d'araignée envahissant le monde. Il ne faut pas non plus oublier des bénéfices financiers qui peuvent être réalisés grâce à l'adoption des agents dans le Web. 21 milliards de dollars ont été déjà dépensés seulement en 1995 par les utilisateurs du Web pour acheter leurs billets d'avion, réserver les hôtels, louer les voitures, etc. [Nwana, 96]. L'ajout d'assistants personnalisant l'interface, augmentera le nombre de commandes et rehaussera les chiffres d'affaires des sociétés les adoptant.

Après [Etzioni et Weld, 95] nous espérons qu'« A l'avenir, les agents intelligents du Web nous aideront à naviguer sur les autoroutes de l'information, en nous en servant comme des taxis. Mieux encore, ils ont le potentiel d'agir comme des robots sophistiqués, qui rendent inutile pour nous de nous approcher de l'autoroute elle-même ».

## *BIBLIOGRAPHIE*

**[Aboud et al., 93]** Aboud M., Chrisment C., Razouk R., Sedes F., and Soule-Dupuy C., 'Quyring a Hypertext Information Retrieval System by the Use of Classification'. *Information Processing and Management*, vol.29, n°3, pp.387-396

**[Ackerman et al., 97]** Ackerman M., Billsus D., Gaffney S., Hettich S., Khoo G., Kim D.J., Klefstad R., Lowe C., Luderman A., Muramutsu J., Omori K. Pazzani M.J., Semler D., Starr B., and Yap P, 'Learning Probabilistic User Profiles'. *AI Magazine*, Summer 1997, pp.47-56

**[Aimeur, 94]** Aimeur E., 'METIS: un système et une méthode d'explicitation de taxinomies destinés à l'identification de structures conceptuelles'. *Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6,* juin 1994, 268 pp., Paris, France

**[Akoulchina et Ganascia, 98]** Akoulchina I., and Ganascia J.-G., 'SAGE Agent for the SATELIT Web-based system', *In Proceedings of the First International Conference on Web-based Modeling and Simulation (WebSim'98), Simulation Series, Volume 30 n% 1,* (Eds. P.A.Fishwick, R.C.Hill, R.Smith) SCS, San-Diego, CA, USA, january 1998, pp. 3-8.

**[Akoulchina et al., 98]** Akoulchina I., Faron C. et Ganascia J.-G., **'**SAGE as a new type of « active browser » agent on the Web', to appear in *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1998

**[Akoulchina et Ganascia, 97a]** Akoulchina I. Ganascia J.-G., 'SAGE: un agent d'interface pour une navigation active du système SATELIT sur Internet'. *Actes des Journées Ingénierie des Connaissances et Apprentissage Automatique,* Roscoff, France, mai, 1997, pp.403-414

**[Akoulchina et Ganascia, 97b]** Akoulchina I., Ganascia J.-G., 'SATELIT-agent: An Adaptive Interface Based on Learning Interface Agents Technology'. *In Proc. of the Sixth International Conference User Modeling (UM'97), SpringerWienNewYork,* Chia Laguna, Italy, 1997, pp.21-32

**[Akoulchina et Ganascia, 96]** Akoulchina I., Ganascia J.-G., 'An adaptive interface construction for the SATELIT system'. *Proceedings of Applications for Computer Systems (ACS'96) Conference,* Szczecin, Poland, Novembre, 1996, pp.259-265

**[Akoulchina et Preobragensky, 94]** Akoulchina I., and Preobragensky A.B., 'Development of the intelligent system based on the integration of knowledge engineering methods and hypertext technology', *Proceedings of Japan-CEE Conference on Knowledge-Based Software Engineerin JCKBSE'94,* Russia, pp.149-153

**[Ambrosini et al., 97]** Ambrosini L., Cirillo V., and Micarelli A., 'A Hybrid Architecture for User-Adapted Information Filtering on the World Wide Web'. *In Proc. of the Sixth International Conference User Modeling (UM'97), SpringerWienNewYork,* Chia Laguna, Italy, 1997, pp.59-61

**[Armstrong et al., 95]** Armstrong R., Freitag D., Joachims T. and Mitchell T., 'WebWatcher: A Learning Apprentice for the World Wide Web'. *Proc. of AAAI Spring Symposium on Information Gathering from Heterogeneous, Distributed Environments*, March, 1995, pp. 6-12

**[Asnicar et Tasso, 97]** Asnicar F.A., and Tasso C., 'ifWeb: a Prototype of User-Model-Based Intelligent Agent for Document Filtering and Navigation in the World Wide Web'. *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM'97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.3-12

**[Balabanovic et Shoham, 97]** Balabanovic M and Shoham Y., 'Fab : Content-Based, Collaborative Reccommendation', Communication of the ACM, vol.40, n° 3, March, 1997, pp.66-72

**[Balabanovic et Shoham, 95]** Balabanovic M and Shoham Y., 'Learning Information Retrieval Agents: Experiments with Automated Web Browsing', *In Proc. of AAAI Spring Symposium on Information Gathering, Stanford*, CA, March 1995

**[Bareiss et Osgood, 93]** Bareiss R., and Osgood R., 'Applying AI Models to the Design of Exploratory Hypermedia Systems', Proceedings of Hypertext'93 Conference November, pp.94-105

**[Bell, 97]** Bell G., 'Adaptive navigation within knowledge-based hypermedia'. *Proceedings of the Flexible Text Workshop Hypertext-97*

**[Bichindaritz et al., 94]** Bichindaritz I., Potter S. et Sigwalt B., 'PhylSyst : logiciel de reconstruction phylogénique', *Biosystema*, 12, 1994.

**[Boy, 95]** Boy G.A., 'Coopération Homme_Macine dans les systèmes Complexes : Agents et Aide à la Décision', *Actes du Colloque National sur l'IHM*, Toulouse, 1995, pp.1-11

**[Boy, 91a]** Boy G.A., *Intelligent Assistant Systems*. Academic Press, London, 384p.

**[Boy, 91b]** Boy G.A., 'Indexing Hypertext Documents in Context', *Proceedings of the Hypertext'91 Conference*, San Antonoi, Texas, December, 1991

**[Boy, 91c]** Boy G.A., 'On-line user Model Acquisition in Hypertext Documentation', *IJCAI'91 Workshop 'Agent Modeling for Intelligent Interaction'*, Sydney, Australia, pp.34-42

**[Boyan et al., 96]** Boyan J., Freitag D. et Joachims T, 'A Machine Learning Architecture for Optimizing Web Search Engines', *Proceedings of AAAI Workshop on Internet-Based Information Systems,* Portland, Oregon, ,juin, 1996

**[Boyle et Encarnacion, 94]** Boyle C., and Encarnacion A.O., 'MetaDoc : An Adaptive Hypertext Reading System', *User Modeling and User-Adapted Interaction* 4(1), pp.1-19

**[Bradshay, 97]** *Software Agents*, edited by J.M.Bradshaw, AAAI Press/The MIT Press, 1997, 482p.

**[Bray, 96]** Bray T., 'Measuring the Web', Proceedings of the *Fifth International World Wide Web Conference*, 6-10, May 1996, Pais, France. Also appear in *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol 28, 1996, 993-1005

**[Brusilovsky, 96]** Brusilovsky P., 'Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia', *User Modeling and User-Adapted Interaction* **6**(2-3), 1996, pp.87-129

**[Brusilovsky et Schwarz, 97]** Brusilovsky P. and Schwarz E, 'User as Student: Towards an Adaptive Interface for Advanced Web-Based Applications', *In Proc. of the Sixth International Conference User Modeling (UM'97), SpringerWienNewYork,* Chia Laguna, Italy, 1997, pp.177-188

**[Burke et al., 97]** Burke R., Hammond K., and Young C., 'The FindMe Approach to Assisted Browsing'. *IEEE Expert*, July-Auguste, pp.32-40

**[Burke et al., 96]** Burke R., Hammond K., and Young C., 'Knowledge-Based Navigation of Complex Information Spaces',

**[Bush, 45]** Bush V.,'As We May Think', *Atlantic Monthly*, July 1945, pp.101-108

**[Chang, 93]** Chang D.T., 'HieNet : A User-Centered Approach for Automatique Link Generation', In Proceedings of Hypertext'93 Conference, November, pp.145-158

**[Chen et Mathé, 97]** Chen J., and Mathé N., 'Learning to Facilitate Information Access '**.**

**[Clément, 78]** Clément J.L., 'Connaissances des Orchidées Sauvages', *La Maison Rustique*, 1978

**[Conklin et Begeman, 88]** Conklin J., and Begeman M., 'gIbis : a hypertexte tool for exploratory policy discussion', *ACM Transaction on Office Information Systems*, Vol..6, n° 4, Octobre 1988, pp.303-331

**[Conklin, 87]** Conklin J., 'Hypertexte : An Introduction and Survey', *IEEE Computer*, September, 1987, pp.17-41

**[Contreras 98]** Contreras J., 'Un système de Génération Automatique de la Composante Tutoriel de Logiciels', *Thèse de doctorat de l'Université Paris-V,* juillet, 1998, 124p.

**[Coutaz, 96]** Coutaz J., 'L'art de communiquer à plusieur voies' *La recherche*, n° 285, mars 1996, pp.38-44

**[Croft et al., 89]** Croft W.B., Lucia T.J., Cringean J., and Willett P., 'Retrieving documents by plausible inference : An experimental study', Information Processing and Management, 25(6), pp.599-614

**[Croft et Turtle, 93]** Croft W.B., and Turtle H.R., 'Retrieval Strategies for Hypertext'. *Information Processing and Management*, vol.29, n°3, pp.313-324

**[Darricau et al., 97]** Darricau M., Hadj-Mabrouk H., Ganascia J.-G., 'Acquisition et représentation des connaissances impliquées dans les spécifications des logiciels de sécurité - Application au pilotage automatique', *Rapport INRETS n° 97-29,* 1997

**[Dent et al., 92]** Dent L., Boticario J., McDermott J., Mitchell T., Zabowski D., 'A Personal Learning Apprentice'. *Proceeding of the 10 AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 1992, pp.96-103

**[Drummond, 92]** Drummond C., 'Automatic goal extraction from user actions to accelerate the browsing of software libraries'. *M.A.Sc. Thesis, University of Ottawa,* December, 1992

**[Edmonds, 81]** Edmonds E.A., 'Adaptive Man-Computer Interfaces. In M.J.Coombs and J.L.Alty (eds.*) Computing skills and the user interface*. London, Academic press,

**[Edwards, 95]** Edwards P., 'Intelligent Agents = Learning Agents', *BCS-SGES/DTI-ISIP Intelligent Agents Workshop,* Oxford Brookes University, November

**[Edwards et al., 96]** Edwards P.,Bayer D., Green C.L., Payne T.R., 'Experience with Learning Agents which Manage Internet-Based Information'. *Proc. of AAAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access* March 25-27, 1996, pp.31-40

**[Eklund et Zeiliger, 97]** Eklund J., and Zeiliger R., 'Navigating the Web: Possibilities and Practicalities for Adaptive Navigation Support' *Proceedings of the Second Australian WorldWideWeb Conference (AusWeb96),* July, 1996

**[Encarnaçao, 95]** Encarnaçao L.M., 'Adaptivity in Graphical User Interfaces : An Experimental Framework', *Computers and Graphics*, 19(6), pp.873-884

**[Engelbart, 63]** Engelbart D., ’A Conceptual Framework for the Augmentation of Man’s Intellect’, *in Vistas in Inforation Handling,* Vol 1, Spartan Books, London, 1963

**[Espinosa et Höök, 96]** Espinosa F. and Höök K., ‘An Interactive WWW Interface to an Adaptive Information System’. Workshop for WWW filtering of fifth International Conference on User Modeling, UM-96, Kailua-Kona, Hawaii, 1996

**[Etzioni, 97]** Etzioni O., ‘Moving Up the Information Food Chain ; Deploying Softbots on the World Wide Web’, *AI Magazine*, Summer 1997, pp.11-18

**[Faron, 97]** Faron C., ‘Connaissances taxinomiques : Représentation de taxinomie comportant des exeptions et construction d’hypermédias à base de connaissances taxinomiques’, *Thèse de doctorat de l’Université Paris6*, 1997

**[Faron et al., 96]** Faron C., Akoulchina I., Ganascia J.-G., ‘Integrating Knowledge in Hypermedias: the system SATELIT’. In *Proc. Of CESA'96 IMACS Multiconference*, Lille, France, July 1996, pp.94-98

**[Faron et Kieu, 95]** Faron C., and Kieu Q., ‘SATELIT, un outil d'explicitation de connaissances hypermédias’. *Actes des Journées d'Acquisition des Connaissances JAC'95*, Grenoble, France, 1995

**[Fink et al., 97]** Fink J., Kobsa A., and Schreck J, ‘Personalized Hypermedia Information Provision through Adaptive and Adaptable System Features: User Modeling, Privacy and Security Issues Tutor’, *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM’97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.43-54

**[Fisher et Nieper-Lemke, 89]** Fisher G., and Nieper-Lemke H., ‘HELGON: Extending the retrieval by reformulation paradigm’. *Proceedings of CHI'89 Human Factors in Computing systems,* pp.357-362, 1989

**[Floridi, 95]** Floridi L., ‘Internet: which future for organized knowledge, Frankenstein or Pygmalion?’ *International Journal of Human-Computer Studies* (1995) **43**, 261-274, pp.261-279

**[Frisse, 88]** Frisse M.E., 'Searching for information in a hypertext medical handbook', Communications of the ACM, 31(7), 880-886

**[Ganascia, 96]** Ganascia J.-G., 'Demain, des appareils bien élevés !' *La recherche*, n° 285, mars 1996, pp.106-110

**[Green et al., 95]** Green C., Bayer D, and Edwards P., 'Towards Practical Interface Agents which Manage Internet-Based Information'. *BCS-SGES/DTI-ISIP Intelligent Agents Workshop,* Oxford Brookes University, November

**[Grunst, 93]** Grunst G., 'Adaptive Hypermédia for Support Systems', In : M.Schneider-Hufschmidt, T. Kühme and U. Malinowski (eds.) : *Adaptive User Interfaces : Principles and Practice*. North-Holland, Amsterdam, pp.269-283

**[Hammond et al., 95]** Hammond K, Burke R., Lytinen S., 'A Case-Based Approach to Knowledge Navigation'. *In Proc. of International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Montreal, Canada, Aug, 1995, pp.2071-2072

**[Hermans, 96]** Hermans B., 'Intelligent Software Agents on the Internet: an inventory of currently offered functionality in the information society and a prediction of (near-)future developments', URL: *http://www.hermans.org/agents*

**[Hohl et al., 96]** Hohl H., Böcker H.-D., and Gunzenhäuser R., 'Hypadapter :An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning and Programming'. *User Modeling and User-Adapted Interaction* **6**(2-3), 1996, pp.131-156

**[Holte, 94]** Holte R and Drummond C., 'A Learning Apprentice For Browsing'. *AAAI94 Spring Symposium on Software Agents,* 1994

**[Holte et Yan, 96]** Holte R and Yan J.N.Y., 'Inferring What a User is Not Interesting In', *AAAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access*, Stanford, March,1996

**[Höök et al., 97]** Höök K., Rudström A., and Waern A., 'Edited Adaptive Hypermedia : Combining Human and Machine Intelligence to Achieve Filtered Information', Proceeding of *Flexible Hypertexte Workshop*, held in conjuction *with The Eighth*

*ACM International Hypertext Conference (Hypertext'97),* Southampton, UK, April, 1997

**[Höök et al. 96]** Höök, K., J.Karlgren, A. Waern, N. Dahlbäck, C.G.Jansson, K.Karlgren, and B.Lemaire, 'A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia'. *User Modeling and User-Adapted Interaction* **6**(2-3), 1996, pp.

**[Ide et Salton, 71]** Ide E., and Salton G., 'Interactive Search Strategies', In : G.Salton(ed.*)* *The Smart Retrieval System - Experiments in Automatic Document Processing*. New Jersey : Prentice Hall

**[Joachims et al., 97]** Joachims T., Freitag D., and Mitchell T., 'WebWatcher : Atour Guide for the World Wide Web', In Proceedings of IJCAI'97, August'97, Japon

**[Jonassen et Mandl 90]** Jonassen D.H. and Mandl H. (eds.), 'Designing Hypermedia for Learning', volume 67 *of NATO ASI Series F*. Springer-Verlag

**[Jörding, 97]** Jörding T., 'User Modeling for Electronic Catalogs and Shopping Malls in th WWW Tutor', *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM'97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.55-62

**[Kaplan et al., 93]** Kaplan G., Fenwick J., and Chen J., 'Adaptive Hypertext Navigation Based on User Goals and Context', . *User Modeling and User-Adapted Interaction* 3(3), 1993, pp.193-220

**[Kay et Kummerfeld, 94]** Kay, J. and Kummerfeld, 'An Individualised Course for the C Programming Language'. Proceedings of the Second International WWW Conference « Mosaic and the Web », Chicago,IL,URL:http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/IT94/Proceedings/Educ/kummerfeld/kummerfeld.html

**[Keller et al., 97]** Keller R.M., Wolfe S.R., Chen J.R., Rabinowitz J.L., and Mathé N., 'A Bookmarking Service for Organizing and Sharing URLs'*, In Proc. of Sixth International World Wide Web Conference*, Santa Clara, CA, USA, April, 1996

**[Kobsa et al., 94]** Kobsa A., Müller D., and Nill A., 'KN-AHS : An Adaptive Hypertexte Client of the User Modeling System BGP-MS', *Fourth International Conerence on User Modeling*, Hyannis, MA, pp.31-36

**[Koster, 94]** Koster M., 'ALIWEB - Archie-Like Indexing in the Web'. *Computer Networks and ISDN Systems* 27(2), 1994, pp.175-182, URL: *http://web.nexor.co.uk/mak/doc/robots/robots.html*

**[Lashkari, 95]** Lashkari, Y., The WebHound Personalized Document Filtering System. URL: *http://rg.media.mit.edu/projects/webhound/*

**[Lecoufle, 81]** Lecoufle, *'Orchidées exotiques'*, La Maison rustique, Paris, 1981

**[Lefèvre et al., 94]** Lefèvre F., Yvon M., Poulain G., Guillot Y. et Cot N., 'L'ergonomie des services des télécommunications : une approche adaptative et démonstrationnelle des interfaces utilisateurs', in Proceedings ERGO.IA'94, Biarritz, France, 94

**[Lieberman, 93]** Lieberman H., 'Mondrian : a Teachable Graphical Editor', In A.Cypher (ed.) Watch what I do : Programming by Demonstration. Cambridge, Mass. :MIT Press, 1993

**[Lieberman, 95]** Lieberman H., 'Letizia: An Agent that assists Web browsing'. *In Proc. of International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Montreal, Canada, August, 1995, pp.924-929

**[Lieberman et Maulsby, 96]** Lieberman H., and Maulsby D., 'Instructible agents: Software that just keeps getting better'. *IBM Systems Journal*, vol.35, nos 3&4,1996, pp.539-556

**[Maes, 94]** Maes P., 'Agents that reduce work and information overload'. *Communications of the ACM*, **37** (7), 1994, pp. 31-40

**[Maarek et Shaul, 96]** Maarek, Y.S., and Shaul, I.Z.B., 'Automatically Organizing Bookmarks per Contents'. *In Proc. of Fifth International World Wide Web Conference*, Paris, France, May, 1996

**[Macary et Nicolas, 96]** Macary J.-F. and Nicolas C., '*Programmation Java'*, Eyrolles, 1996, 236p

**[Maglio et Barett, 97]** Maglio P.P., and Barett R., 'How to Build Modeling Agents to Support Web Searchers'. *In Proc. of the Sixth International Conference User Modeling (UM'97), SpringerWienNewYork,* Chia Laguna, Italy, pp.5-16

**[Mathé et Chen, 94]** Mathé N., and Chen J., 'A User-Centered Approach to Adaptive Hypertext Based on an Information Relevance Model', *Fourth International Conference on User Modeling, Hyannis*, MA, pp.107-114

**[Mathé et Chen, 96]** Mathé, N. and Chen, J.R., 'User-Centered Indexing for Adaptive Information Access'. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6(2-3), 1996, pp.225-261

**[Matile et al., 87]** Matile L., Tassy P., Coujet D., 'Introduction à la systématique zoologique (concepts, principes, méthodes)', *SFS, colloque Biosystèma*, vol. 1, Paris, 1987

**[McAleese, 89]** McAleese R, 'Navigation and Browsing in Hypertext', In McAleese (ed.) 'Hypertext : Theory into Practice », Intellect Ltd, pp.6-44

**[Meyer et al., 97]** Meyer C., Akoulchina I. and Ganascia J.-G., 'Two Approaches of Human Behavior Anticipation', *Proc. of ICTAI'97 Conference*, NewPort Beach, CA, USA november 1997

**[Meyer et Ganascia, 96]** Meyer C., and Ganascia J.-G., 'SAGACE : Solution Algorithmique Génétique pour l'Anticipation de Comportements Evolutifs', *Rapport interne du LAFORIA, N% 32*, 40p., décembre, 1996

**[Micarelli et Sciarrone, 96]** Micarelli A., and Sciarrone F., 'A Case-Based Toolbox for Guided Hypermedia Navigation', Fifth International Conference on User Modeling, UM-96, Kailua-Kona, Hawaii, pp.129-136

**[Milosavljevic et Dale, 96]** Milosavljevic M. and Dale R., 'Strategies for comparison in encyclopedia descriptions. In Proceedings of the Nineteenth Australasian Computer Science Conference, Melbourne, Australia, pp.417-226

**[Milosavljevic, 97]** Milosavljevic M., 'Augmenting the User's Knowledge via Comparison', *In Proc. of the Sixth International Conference User Modeling (UM'97), SpringerWienNewYork,* Chia Laguna, Italy, 1997, pp.119-130

**[Mitchell et al. 94]** Mitchell T., Caruana R., Freitag D., McDermott J. and Zabowski D., 'Experience with a learning personal assistant'. *Communications of the ACM*, 37 (7), 1994, pp.81-91

**[Moulinier, 97]** Moulinier I., *'Une aproche de la catégorisation de textes par l'apprentissage symbolique'*, Thèse de doctorat de l'université Paris VI, LIP6, avril ,1997

**[Nanard et Nanard, 91]** Nanard J., and Nanard M., 'Using Structured Types to incorporate Knowledge in Hypertexte', *Proceedings of Hypertext'91* Conference, pp.329-343

**[Ngu et Wu, 97]** Ngu D.S.W., and Wu X., 'SiteHelper : A Localized Agent that Helps Incremental Exploration of the World Wide Web', Proceedings of the *Sixth International World Wide Web conference,* 1997

**[Nelson, 67] Nelson T..H.,** 'Getting It Out of Our System', *Information Retrieval : A Critical Review,* G.Schechter, ed., Thompson Books, Washington, D.C., 1967

**[Norman et Drapper, 96]** Norman D.A., and Drapper St.W. (eds), *'User centered system design. New perspectives on Human-Computer Interaction'*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, Hillsdale, 1986

**[Norman, 96]** Norman D.A., 'Grandeur et misère de la technologie', *La recherche*, n° 285, mars 1996, pp.22-25

**[Nwana, 96]** Nwana, H.S., Software Agents: An Overview. *Intelligent Systems Research AA&T*, BT Laboratories, Ipswich, United Kingdom, URL: http://www.cs.umbc.edu/agents/papers/ao.ps

**[Oppermann, 94]** Oppermann R., 'Adaptively Supported Adaptability'. *International Journal on Human-Computer Studies*, vol.40, 1996, pp.455-472

**[Pazzani et Billsus, 97]** Pazzani M., Billsus D., 'Learning and Revising User Profiles : The Identification of Interesting Web Sites'. *Machine Learning, 27, 313-331,* 1997

**[Pazzani et al., 96]** Pazzani M., Muramatsu J., Billsus D., 'Syskill & Webert: Identifying interesting web sites'. *In Proc. of the 13th National Conference on Artificial Intelligence,* 1996

**[Pesin et Brusilobsky, 97]** Pesin L., and Brusilovsky P., 'SQL Web-Tutor', *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM'97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.73-76

**[Pinkerton, 94]** Pinkerton B., 'Finding What People Want: Experiences with the WebCrawler'. *Proceedings of the Second International WWW Conference*, URL http://info.webcrawler.com/br/WWW94.html

**[Rabinowitz et al., 95]** Rabinowitz, J., Mathé,N., and Chen, J.R., 'Adaptive HyperMan: A Customizable Hypertext System for Référence Manuals'. *Proceedings of the Workshop on AI Applications in Knowledge Navigation and Retrieval*, AAAI Fall Symposium Series, Cambridge, MA, November, 1995

**[Rada et Barlow, 89]** Rada R., and Barlow J., 'Expert systems and hypertext'*, The Knowledge Engineering Review*, n° 3, 1989, pp.285-301

**[Raskin, 87]** Raskin J., 'The hype in hypertext', *Proceedings of Hypertext'87*, University of North Carolina, November,1987, pp.325-330

**[Rasmussen et Vicente, 87]** Rasmussen J., and Vicente K.J., 'Cognitive contrôle of human activities and errors : implications for ecological interface design', *Proceeding of the 4th International Conference on Event, Perception and Action*, Trieste, Auuste 1987

**[Rice et al., 95]** Rice,J., A.Farquhar, P.Piernot, and Thomas G., 'Lessons Learned Using the Web as an Application Interface', Knowledge Systems Laboratory, KSL-95-69, September1995, http://www-ksl.stanford.edu/

**[Riecken, 94]** Riecken D. M., 'An architecture of Integrated Agents'. *Communications of the ACM*, 37 (7), 1994, pp.107-116

**[Rucker et Polanco, 97]** Rucker J., and Polanco M., 'Siteseer : Personalized Navigation for the Web'. Communications of the ACM, March 1997/ vol. 40, n°3, pp.73-75

**[Salton, 91]** Salton G., 'Development in atomatic text retrieval', *Science, 253* :974-979, 1991

**[Salton, 88]** Salton G., 'Automatic text indexing using complex identifiers', *Proceedings of ACM Conference on Document Processing Systems*, ACM Press, Santa Fe (NM)

**[Salton et McGill, 83]** Salton, G., and McGill, M., *Introduction to Modern Information Retrieval.* New York : McGraw-Hill

**[Schütt, 90]** Schütt H.A., 'Hyperbase : a hypermedia engine', *Proceedings ECHT'90 Conference*, Versailles, France, November 1990, pp.95-108

**[Selker, 94]** Selker T., 'COACH: A teaching agent that learns'. *Communications of the ACM*, **37** (7), 1994, pp.92-99

**[Shneiderman, 82]** Shneiderman B., 'The future of Interactive Systems and the Emergence of Directe Manipulation', *Behavior and Information Technology*, 1, 1982

**[Slotts et Furuta, 90]** Slotts P.D., and Furuta R., 'Hyerarchy, composition, scripting language and translators', Proceedings of *ECHT'90 Conference*, Versailles, France, Novembre, 1990, pp.180-193

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

**[Specht et al., 97]** Specht M., Weber G., Heitmeyer S., and Schöch V., 'AST: Adaptive WWW-Courseware for Statistics', *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM'97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.91-96

**[Starr et al., 96]** Starr B., Ackerman M., Pazzani M., 'Do I care ? -- Tell Me What's Changed on the Web'. In *Proc. of AAAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access,* March, 1996, pp.119-121

**[Thomas, 95]** Thomas C.G., 'BASAR: A Framework for Integrating Agents in the World Wide Web'. *IEEE Computer* 28(5), 84-86

**[Thomas et Fisher, 96]** Thomas C.G. and Fisher G., 'Using Agents to Improve the Usability and Usefulness of the World Wide Web'. *Fifth International Conference on User Modeling, UM-96*, Kailua-Kona, Hawaii, pp.5-12

**[Thompson et Croft, 89]** Thompson R.H., and Croft W.B., 'Support for browsing in an intelligent text retrieval system'. *International Journal of Man-Machine Studies*, 30, pp.639-668

**[Vandeginste, 96]** Vandeginste P., 'Mes lunettes et ma montre sur le Web', *La Recherche, n°285,* pp.58-61

**[Vassilieva, 96]** Vassilieva J., 'A Task-Centered Approach for User Modeling in a Hypermedia Office Documentation System', *User Modeling and User-Adapted Interaction* **6**(2-3), 1996,

**[Vassilieava, 97]** Vassilieva J., 'Dynamic Courseware Generation on the Web', *In Proc. of the workshop « Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web », Sixth International Conference on User Modeling (UM'97),* Chia Laguna, Italy, june, 1997, pp.103-110

**[Vercoustre, 90]** Vercoustre A.M., 'Structured editing - Hypertext Approach : cooperation and complementary', *EP90*, R.Furuta ed., Cambridge University Press, pp.65-78

**[Waern et Stenborg, 95]** Waern A., and Stenborg O. 'Recognizing the Plans of a Replanning User', *Workshop on Plan Recognition, IJCAI'95*, Montreal, Canada

**[Weiss et al., 96]** Weiss, R., Velez, B., Sheldon, M.A., Nemprempre, C., Szilagyi, P., Duda, A., and Gifford, D.K., 'HyPursuit: A Hierarchical Network Search Engine that Exploits Content-Link Hypertext Clustering',*Proceedings of the Seventh ACM Conference on Hypertext,* Washington, DC, March, 1996

**[Willett, 88]** Willett P., 'Recent trends in hierarchic document clustering : A critical review', *Information Processing and Management*, 24(5), pp.577-598

**[Williges et al., 87]** Williges R.C., Williges B.H., Elkerton J., 'Software Interface Design'. In G. Salvendy (ed*.) Handbook of Human Factors* N.Y., Wiley, pp.1416-1449

**[Wu, 95]** Wu X., *'Knowledge Acquisition from Databases'*, Ablex Publishing Corp., USA, 1995

**[Yao, 95]** Yao Y.Y., 'Measuring retrieval effectiveness based on user preference of documents', *Journal of the American Society for Information Science* 46(2) :133-145

**[Yvon et al., 94]** Yvon M., Lefèvre F. et Pirnot P., *'Intelligent Telecommunication Services : Adaptive and Demonstrational User Interfaces'*. In Proceedings GWIC'94, Kluwer Academic Publishers, Las Vegas, USA, 1994.

**[Yvon et al., 95a]** Yvon M., Lefèvre F. et Cot N., '*A time-based Horizontal Cooperation : Intelligent User Interfaces and Telecommunication Services.'* In Proceedings COOP'95, Juan-les-Pins, France, 1995

**[Yvon et al., 95b]** Yvon M., Lefèvre F. et Cot N., *'Programming by Demonstration : Detect Repetitive Tasks in Telecom Services'*, In Proceedings OZCHI'95, Wollongong University, Australia, 1995

# *ANNEXE A*

## Description de la taxinomie du domaine de l'orchidologie[1]

orchidaceae orchidioideae (labelle,forme,non-en-sabot) (organes-de-reproduction,absent,étamine2)

orchidaceae cypripedioideae l(abelle,forme,en-sabot) (organes-de-reproduction,présent,étamine2)

orchidaceae apostasioideae (labelle,forme,non-en-sabot) (organes-de-reproduction,présent,étamine2)

orchidioideae orchideae (organes-de-reproduction,présent,caudicule) (monocotyledone,présent,partie-souterraine) (pollen,texture,molle pollen,texture,farineuse)

orchidioideae neottieae (organes-de-reproduction,absent,caudicule) (monocotyledone,présent,partie-souterraine) (pollen,texture,friable) (pollen,texture,molle)

orchidioideae epidendreae (organes-de-reproduction,absent,caudicule) (monocotyledone,présent,partie-souterraine) (pollen,texture,ceracee) (pollen,texture,demi-molle)

orchidioideae vandeae (organes-de-reproduction,présent,caudicule) (monocotyledone,absent,partie-souterraine) (pollen,texture,dure)

cypripedioideae cypripedieae

apostasioideae apostasieae

cypripedieae cypripedilinae (tige,absent,rhizome) (loge,nombre,1)

cypripedieae paphiopedilinae (tige,présent,rhizome)

cypripedieae phragmopedilinae (tige,absent,rhizome) (loge,nombre,3)

cypripedilinae cypripedium

cypripedium calceolus (labelle,plus-court,pétales) (labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre)

cypripedium acaule (labelle,plus-grand,pétales) (labelle,couleur,rose-violet)

cypripedium candidum (labelle,plus-court,pétales) (labelle,couleur,blanc)

cypripedium reginae (labelle,plus-grand,pétales) (labelle,couleur,blanc-rouge)

cypripedium arientum (labelle,meme-longueur,pétales)

cypripedium parviflorum (labelle,plus-court,pétales) (labelle,couleur,jaune)

paphiopedilinae paphiopedilum

phragmopedilinae phragmopedium

neottieae cephalantherinae (anthère,valeur,grand) (anthère,texture,caduque) (anthère,texture,persistant)

neottieae physurinae (anthère,valeur,petit) (anthère,persistance,caduque )

neottieae spiranthinae (anthère,valeur,petit) (anthère,persistance,persistant)

cephalantherinae cephalanthera (fleur,absent,éperon) (organes-de-reproduction,absent,rétinacle) (labelle,direction,en-bas)

---

[1] Chaque ligne de la description est sous forme
Taxon-père taxon-fils (trait_discriminant$_{1}$)... (trait_discriminant$_{n}$)

cephalantherinae epipactis (fleur,absent,éperon) (organes-de-reproduction,présent,rétinacle) (labelle,direction,en-bas)
cephalantherinae limodorum (fleur,présent,éperon) (organes-de-reproduction,présent,rétinacle) (labelle,direction,en-bas)
cephalantherinae epipogon (fleur,présent,éperon) (organes-de-reproduction,présent,rétinacle) (labelle,direction,en-haut)
physurinae goodyera (feuille,forme,nervé-en-réseau) (feuille,couleur,vert)
physurinae anoectochilus (feuille,forme,nervé-longitudinalement) (feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre)
physurinae macodes (feuille,forme,nervé-longitudinalement) (feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or)
physurinae haemaria (feuille,forme,nervé-longitudinalement) (feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure)
spiranthinae spiranthes (partie-aérienne,présent,feuille) (partie-souterraine,présent,bulbe)
spiranthinae neottia (partie-aérienne,absent,feuille) (partie-souterraine,présent,bulbe)
spiranthinae listera (partie-aérienne,présent,feuille) (partie-souterraine,absent,bulbe)
cephalanthera damasonium (fleur,couleur,blanc) (fleur,nombre,4-7)
cephalanthera (ceph_longifolia fleur,couleur,blanc) (fleur,nombre,6-18)
cephalanthera rubra (fleur,couleur,violet) (fleur,nombre,10-12)
limodorum abortivum (labelle,direction,en-bas)
limodorum trabutianum (labelle,direction,en-haut)
spiranthes cernua (fleur,couleur,blanc) (inflorescence,texture,serré)
spiranthes lanceolata (fleur,couleur,rouge) (inflorescence,texture,serré)
spiranthes gracilis (fleur,couleur,blanc) (inflorescence,texture,lache)
spiranthes parksii (fleur,couleur,rosatre) (inflorescence,texture,serré)
listera auriculata (labelle,couleur,blanc)
listera convallarioides (labelle,couleur,vert)
epipogon aphyllum
epipactis flaminia (fleur,couleur,verdatre)
epipactis helleborine (fleur,couleur,rosatre)
epipactis rubinosa (fleur,couleur,rouge)
epipactis tremolsii (fleur,couleur,jaunatre)
goodyera oblongifolia (feuille,forme,oblong) (tige,couleur,vert-foncé)
goodyera repens (feuille,forme,ovale) (tige,couleur,vert-clair)
goodyera tesselata (feuille,forme,ovale) (tige,couleur,vert-foncé)
neottia maculata
orchideae gymnadeniinae
orchideae orchidinae
gymnadeniinae herminium (périanthe,forme,en-cloche)
gymnadeniinae platanthera (périanthe,forme,en-croix)
orchidinae himantoglossum
platanthera bifolia (fleur,couleur,bleu)
platanthera chlorantha (fleur,couleur,verdatre)

# *ANNEXE B*

## Description du graphe conceptuel du taxon *Goodyera Repens*[1]

repens,présent,partie-aérienne
partie-aérienne,présent,fleur
partie-aérienne,présent,inflorescence
partie-aérienne,présent,tige
partie-aérienne,présent,bractée
partie-aérienne,présent,feuille
fleur,présent,labelle
fleur,présent,périanthe
fleur,présent,organes-de-reproduction
organes-de-reproduction,présent,étamine
organes-de-reproduction,présent,anthère
organes-de-reproduction,présent,ovaire
organes-de-reproduction,présent,pollen
organes-de-reproduction,absent,étamine2
organes-de-reproduction,absent,staminode
organes-de-reproduction,absent,caudicule
pollen,texture,friable
pollen,texture,molle
repens,présent,partie-souterraine
partie-souterraine,absent,bulbe
partie-souterraine,présent,racine
racine,texture,charnué
pollen,fixation,par-extrémité-supérieure
anthère,valeur,petit
anthère,persistance,caduque
feuille,forme,nervé-en-réseau
feuille,couleur,vert
tige,hauteur-cm,10-25
feuille,forme,ovale,d
fleur,valeur,petit,t
fleur,couleur,blanc,t
inflorescence,type,épi
inflorescence,type,spiralé,t
inflorescence,texture,serré,t
labelle,valeur,petit,t
labelle,direction,en-bas
labelle,forme,concave,t
labelle,couleur,blanc
labelle,forme,en-languette,t
fleur,absent,éperon,t
tige,couleur,vert-clair,td
périanthe,forme,peu-ouvert,t
labelle,meme-longueur,pétales
périanthe,forme,en-casque
fleur,nombre,plusieurs
fleur,nombre,8-10

[1] Chaque ligne de la description est sous forme d’un triplet typé :
Type_de_concept1, Type_de_Relation, Type_de_Concept2, Type_de_triplet

## *ANNEXE C*

# Les actions de l'utilisateur *NR5* acceptant les conseils de SAGE pour rechercher la page Web dédiée au taxon *Goodyera Repens* et les composants du modèle d'utilisateur[1]

**1. Ouvrir la page Web dédiée au taxon *Orchidaceae*[2]**

argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =1.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.5, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =2.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.2 sage=false **{1}**[3]
argument[3], =labelle;new_frequence =3.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.6 sage=false **{4}** *****[4]
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =1.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.6 sage=false **{5}**
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =3.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.6 sage=false
argument[6], =étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.90000004 sage=false **{3}**
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.5, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =1.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.6 sage=false
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.2 sage=false **{2}**
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.5, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false

**2) Regarder l'explication du concept *labelle***

argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =4.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.0 sage=false **{1}**
argument[3], =labelle;new_frequence =4.0 ; imp =1.0, R =1.3 , FAc=2.0 , poids=5.98 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.6 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =4.0 ; imp =0.25, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.42000002 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=1.0 , poids=0.63 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.7000003 sage=false **{2}** *****
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.2 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =1.0 ; imp =0.15, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.25397208 sage=false
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =1.0 ; imp =0.05, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.08465736 sage=false
argument[13], =périanthe;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[17], =éperon;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.25, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false **{3}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false **{4}**
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false **{5}**
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false

---

[1] **Chaque ligne représente un noeud dans le réseau du modèle d'utilisateur :**
nom d'argument ; sa fréquence d'apparition FAr ; son importance I ; coefficient de renforcement R ; fréquence d'apparition dans l'ensemble d'actions FAc ; nouveau poids P ; type d'action

[2] Numéro et type de l'action effectuée par l'utilisateur

[3] Le fond gris d'une ligne correspond à une suggestion de SAGE numéro {i}

[4] ***** correspond à l'argument de l'action choisi par l'utilisateur

argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3704062 sage=false

**3) Composer une requête « Trouver les orchidées dont *labelle n'est pas sous forme de sabot* »**

argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =2.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.3271046 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =8.0 ; imp =0.6, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=11.44 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =1.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=25.973999 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.2, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.294 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.3, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.44099998 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =5.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.32000002 sage=false
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =2.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.3271046 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =23.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=6.7191114 sage=false **{5}**
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =4.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2090294 sage=false
argument[13], =périanthe;new_frequence =3.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2665659 sage=false
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=false
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.29325923 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.257186 sage=false **{1}**
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =5.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=7.2895346 sage=false {4}
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =4.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=6.305709 sage=false *****
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[54], =orchideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =7.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.407086 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.85, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false

argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.85, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.85, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =5.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=7.8697963 sage=false **{3}**
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.9873633 sage=false
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[92], =rubra;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[98], =helleborine;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.9873633 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.85, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =14.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=8.814172 sage=false **{2}**
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =3.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.2591674 sage=false
argument[121], =repens;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.85, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.8887511 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =4.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[141], =lanceolata;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =1.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.55, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =1.0 ; imp =0.65, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false

**4) Composer une requête « Trouver les orchidées dont *labelle est de couleur blanche* »**

argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.3271046 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=14.871999 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=33.766197 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.2058 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.3087 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.5 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.032 sage=false
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.3271046 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =31.0 ; imp =1.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=4.7033777 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2090294 sage=false
argument[13], =périanthe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2665659 sage=false
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=false
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.029325923 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.257186 sage=false **{3}**
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=7.2895346 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=6.305709 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[54], =orchideae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.407086 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.22512181 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.38251776 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =3.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=6.1955833 sage=false

argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =11.0 ; imp =0.6, R =1.3 , FAc=2.0 , poids=24.757938 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =3.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.812833 sage=false **{4}** *****
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =4.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=7.888731 sage=false
argument[92], =rubra;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =3.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.20819034 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[98], =helleborine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.38251776 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.38251776 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.20819034 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =3.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=6.1955833 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.9873633 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =19.0 ; imp =0.2, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=6.16992 sage=false
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =4.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false **{5}**
argument[120], =tige;new_frequence =6.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.290944 sage=false **{6}**
argument[121], =repens;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =4.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =4.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.801319 sage=false **{1}**
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.7838205 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.8887511 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =4.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.801319 sage=false **{2}**
argument[140], =inflorescence;new_frequence =6.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.7106664 sage=false **{7}**
argument[141], =lanceolata;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =2.0 ; imp =0.95, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.2106614 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =2.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.9936817 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false

argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =1.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false

**5). Ouvrir la page Web dédiée au taxon *ceph_longifolia***
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.6919 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =110.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=513.9671 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=43.896053 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.14406 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.21609 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=28.621237 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =47.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=207.59157 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.6919 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =31.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=3.2923644 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2090294 sage=false
argument[13], =périanthe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2665659 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=125.499565 sage=false **{2}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=103.68324 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=70.95876 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=54.596523 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=38.234283 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =15.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.22955644 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=38.234283 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=38.234283 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=54.596523 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=38.234283 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=103.68324 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=17.588654 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=5.450244 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =4.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=3.2282567 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =10.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=5.675794 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =5.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=3.6361797 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=10.111578 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =11.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=71.97573 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=42.83606 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.5926213 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=37.38198 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=31.9279 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.5926213 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=10.111578 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=30.263023 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.407086 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.060497 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=72.96609 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =7.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=4.0939775 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=86.801704 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =17.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=9.267962 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =17.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=102.61962 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=2.515074 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=100.63733 sage=false
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =13.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=5.417753 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.060497 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=91.711464 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=91.711464 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=30.263023 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.060497 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false

argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=93.71952 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.67999136 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =21.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=124.43594 sage=false **{3}** *****
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =11.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=47.04008 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =27.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=3.0 , poids=40.973305 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=14.988588 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=114.472946 sage=false **{5}**
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=3.3258405 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=66.04828 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=100.63733 sage=false
argument[98], =helleborine;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=114.472946 sage=false
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =7.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=2.9702158 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =20.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=2.0 , poids=32.838223 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=2.5622928 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =14.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=2.0 , poids=23.52505 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =4.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=1.6941488 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=45.294853 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=40.642406 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =24.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=2.0 , poids=39.047005 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=66.04828 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=52.21266 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=118.26094 sage=false **{4}**
argument[110], =physurinae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.060497 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.459232 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=4.318944 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=58.98698 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=2.3036609 sage=true
argument[121], =repens;new_frequence =17.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=102.61962 sage=false
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=53.532898 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.459232 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.801319 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.459232 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=64.44106 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=31.060497 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=66.04828 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.8887511 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=80.8033 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=100.43371 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=2.5974665 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =11.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=79.883896 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=75.34922 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =3.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.45669276 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =11.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=79.883896 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=45.294853 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=66.04828 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=66.04828 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=86.801704 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=30.263023 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=30.263023 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=30.263023 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =2.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=2.0 , poids=0.20536645 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=37.762817 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =2.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=17.00939 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=100.0231 sage=false
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =16.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=8.779498 sage=false
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =3.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=2.0533173 sage=false
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =2.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=1.535919 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =2.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=1.535919 sage=false

argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =9.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=5.1577086 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=4.64031 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=94.20071 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=56.520424 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=56.520424 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=84.78063 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =11.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=1.0 , poids=23.25009 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=94.20071 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =11.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=1.0 , poids=23.25009 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=94.20071 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=94.20071 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =11.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=1.0 , poids=23.25009 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=56.520424 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=65.94049 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=56.520424 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=65.94049 sage=false
argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =2.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=1.0 , poids=1.4090965 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =1.0 ; imp =0.9, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.348494 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=1.0 , poids=4.2272897 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=1.0 , poids=5.636386 sage=false

**6) Ouvrir la page Web dédiée au taxon *damasonium***
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=95.73071 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =178.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1736.2737 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=57.06487 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.100842 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.151263 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=91.05392 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =75.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=714.53754 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=95.73071 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =31.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=2.304655 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2090294 sage=true
argument[13], =périanthe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=1.2665659 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=446.47205 sage=false **{2}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =27.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=333.98883 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=231.2225 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=174.7656 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=118.3087 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =21.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.3181033 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=118.3087 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=118.3087 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=174.7656 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=118.3087 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =29.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=344.1363 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=33.41844 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =11.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=5.8093047 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =5.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=2.865855 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =17.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=8.153823 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =7.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=3.747183 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=19.211998 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =18.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=228.08101 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=127.05207 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =5.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.12953539 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=106.54186 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=86.031654 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.059262134 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=19.211998 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=100.28557 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.407086 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false

argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=101.80077 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =24.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=285.32983 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =13.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=7.17114 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=323.84204 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =33.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=3.0 , poids=17.866331 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =38.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=387.779 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=55.51593 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =31.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=380.691 sage=false
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =23.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.8650323 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=101.80077 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=316.3162 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=316.3162 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=94.17331 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=95.688515 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=349.2104 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.13827239 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =46.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=469.81982 sage=true
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=223.8459 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=326.462 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=65.151886 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=413.09094 sage=false **{5}**
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =18.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=97.64622 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=223.2879 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=362.35425 sage=false
argument[98], =helleborine;new_frequence =31.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=406.9787 sage=false
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=71.60188 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=300.7708 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=55.605644 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =27.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=209.72864 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=33.661255 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=147.18283 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =21.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=4.0 , poids=96.72047 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =43.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=337.01654 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=241.6247 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=172.5512 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =31.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=414.17587 sage=false **{4}**
argument[110], =physurinae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=101.80077 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=102.55837 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=3.0232608 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=213.54984 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=1.6125625 sage=true
argument[121], =repens;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=367.48407 sage=false
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.22736 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=198.11336 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=102.55837 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.801319 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=102.55837 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=239.13379 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.11368 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=95.688515 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =21.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=253.84921 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=5.981045 sage=true
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.1479185 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.8887511 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =29.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=300.6644 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=322.741 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=1.8182265 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=310.69818 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =27.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=280.1542 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.10188788 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =27.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=316.81046 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =11.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=153.29509 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =4.0 ; imp =0.9, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.128963 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=259.9615 sage=false

argument[148], =listera;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=223.2879 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=317.72977 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=100.28557 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=100.28557 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=94.17331 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=61.51281 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =10.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=3.9455965 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=56.766884 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=434.53433 sage=false **{3} *******
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.4317766 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =46.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=297.84506 sage=false
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=34.46261 sage=true
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.22131778 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =4.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=27.36729 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=162.60617 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=143.28633 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6704062 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=330.50113 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=198.30069 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=198.30069 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=312.603 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=218.42294 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=345.65314 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=218.42294 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=345.65314 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=345.65314 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=218.42294 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=198.30069 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=238.92679 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=198.30069 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=246.50278 sage=false
argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=2.6892302 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =2.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=1.837799 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =12.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=8.067691 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =16.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=10.756921 sage=false

**7) Composer une requête « Trouver les orchidées dont la *valeur de fleur est petite* »**
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=181.88835 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =178.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3298.92 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=74.184326 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.0705894 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.1058841 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=173.00244 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =75.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1357.6213 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=181.88835 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =42.0 ; imp =1.0, R =0.7 , FAc=4.0 , poids=1.6132585 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =5.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.0563273 sage=true
argument[13], =périanthe;new_frequence =5.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.1138637 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =41.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=848.2969 sage=false **{2}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =27.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=634.5788 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=439.32275 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=332.05463 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=224.78653 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =21.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.031810332 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=224.78653 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=224.78653 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=332.05463 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=224.78653 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =29.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=653.85895 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=63.495037 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =11.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=1.7427915 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.8597565 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =17.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=2.446147 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=1.1241549 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=36.502796 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =18.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=433.3539 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false

argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=241.39893 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.012953539 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=202.42953 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=163.46014 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.0059262137 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=36.502796 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=190.54257 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =8.0 ; imp =0.2, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.011507 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=193.42146 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =25.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=612.50433 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =14.0 ; imp =0.75, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=7.064132 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =27.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=691.30774 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =34.0 ; imp =0.75, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=17.29096 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =39.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=830.861 sage=false **{3}**
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =12.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=126.81036 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =32.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=813.3963 sage=false **{4} *****
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =26.0 ; imp =0.70000005, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=2.518883 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=193.42146 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =28.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=601.00073 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =28.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=601.00073 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=178.92929 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=181.80818 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =28.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=663.49976 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =6.0 ; imp =0.6, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=0.49495727 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =47.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1006.0373 sage=true
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =26.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=479.23874 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =49.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=620.27783 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =7.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=138.30861 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =32.0 ; imp =0.0, R =0.8 , FAc=3.0 , poids=330.47275 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =19.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=219.30046 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=424.247 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =29.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=770.11115 sage=false
argument[98], =helleborine;new_frequence =31.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=773.2595 sage=false
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =15.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=162.70619 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =40.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=684.0688 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =13.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=128.75833 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =27.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=398.4844 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =7.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=76.39894 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=279.64737 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =22.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=5.0 , poids=114.3619 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =43.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=640.3314 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=459.0869 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=327.84726 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =31.0 ; imp =0.0, R =0.8 , FAc=3.0 , poids=331.3407 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=193.42146 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=194.8609 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =25.0 ; imp =0.3, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=2.1162825 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =21.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=456.40366 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =6.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =9.0 ; imp =0.2, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=1.1287937 sage=true
argument[121], =repens;new_frequence =35.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=782.65137 sage=false **{5}**[1]
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =6.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false

---

[1] L'argument recherché est déjà dans une suggestion

argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =20.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=424.66202 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=194.8609 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =5.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.728685 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=194.8609 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =24.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=512.2502 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=181.80818 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =22.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=544.24585 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=20.994547 sage=true
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.75, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.216635 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.3, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.592067 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =30.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=643.6323 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =29.0 ; imp =0.75, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=668.4376 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =10.0 ; imp =0.2, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=1.2727585 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =27.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=666.3344 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =28.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=599.8383 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =5.0 ; imp =0.75, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=0.5113659 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =28.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=680.7628 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =11.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=291.26068 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.128963 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =23.0 ; imp =0.95, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=558.67426 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=424.247 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =25.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=603.6865 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=190.54257 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=190.54257 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=178.92929 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =12.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=6.338435 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =12.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.58171356 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =6.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=5.7702656 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =42.0 ; imp =0.6, R =1.3 , FAc=4.0 , poids=615.9876 sage=true
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.6, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =47.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=663.3972 sage=false
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =6.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=77.92469 sage=true
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =5.0 ; imp =0.70000005, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.56799734 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =5.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=62.369297 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =26.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=362.88324 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =23.0 ; imp =0.70000005, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=319.95267 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =2.0 ; imp =0.70000005, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =20.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=627.95215 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=376.7713 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=376.7713 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =20.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=593.9457 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =23.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=415.0036 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =22.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=656.74097 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =23.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=415.0036 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =22.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=656.74097 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =22.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=656.74097 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =23.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=415.0036 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=376.7713 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =15.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=453.9609 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=376.7713 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=468.3553 sage=false
argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=0.8067691 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=0.5513397 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =12.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=2.4203074 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=3.2270763 sage=false

**8). Ouvrir la page Web dédiée au taxon *chloranta***
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=345.58786 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =178.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=6267.9478 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=96.43962 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.04941258 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.07411887 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=328.70462 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =75.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2579.4805 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=345.58786 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =42.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=4.0 , poids=1.1292809 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.0563273 sage=true
argument[13], =périanthe;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.1138637 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true

argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =41.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1611.764 sage=false **{5}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =27.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1205.6997 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=834.7132 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=630.9038 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=427.0944 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =21.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=4.0 , poids=0.0031810333 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=427.0944 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=427.0944 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=630.9038 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=427.0944 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =29.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1242.332 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=120.64057 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =14.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=6.079451 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=2.6393328 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =17.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.7338441 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.33724648 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=69.35531 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=956.0402 sage=false
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =10.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=24.286894 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=53.09174 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =9.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=432.37653 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=342.41455 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=5.926214E-4 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =5.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=45.865543 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =4.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.6114215 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=69.35531 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=362.03088 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.011507 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=367.50076 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1322.9596 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=119.556114 sage=false
argument[66], =platanthera;new_frequence =37.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=5.0 , poids=666.233 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =35.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=2.2435973 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =53.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=6.0 , poids=803.0551 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =14.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=306.01913 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =45.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=5.0 , poids=785.6383 sage=true
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =27.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=6.0 , poids=0.59956247 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=367.50076 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =37.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=5.0 , poids=584.95667 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =36.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1332.943 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=339.96564 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=345.43555 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1468.4664 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =0.1 , FAc=6.0 , poids=9.835879 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =57.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2176.4373 sage=true
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1106.902 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =56.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1475.7037 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=44.667793 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =38.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=860.1641 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =24.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=528.23566 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=928.3145 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =38.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1664.8662 sage=false **{4}**
argument[98], =helleborine;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1707.5713 sage=false **{2} *****
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =18.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=392.81534 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =48.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1554.4529 sage=false
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=314.3688 sage=false

argument[102], =tremolsii;new_frequence =35.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=971.0495 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=182.34624 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =12.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=4.0 , poids=268.14 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =23.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=6.0 , poids=11.732357 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1516.1305 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =25.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=4.0 , poids=447.46445 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =15.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=4.0 , poids=315.63428 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =38.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=4.0 , poids=350.3217 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=367.50076 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=370.23572 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =25.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=1.4813977 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=983.38025 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.7901556 sage=true
argument[121], =repens;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1677.6274 sage=false **{3}**
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=913.77405 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=370.23572 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.728685 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=370.23572 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =29.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1108.0828 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=345.43555 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1172.0416 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=39.889637 sage=true
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.216635 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.592067 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =36.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1390.2485 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =29.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1270.0315 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.89093095 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =33.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1441.1569 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =33.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1293.0944 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=0.05113659 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1473.8776 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =12.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=626.74243 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.128963 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =27.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1204.7623 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =17.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=909.9777 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =29.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1324.26 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=362.03088 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=362.03088 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=339.96564 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =19.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=9.442649 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =16.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=6.52493 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =7.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=4.5093865 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =42.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1170.3765 sage=true
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =47.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1260.4547 sage=true
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=26.552616 sage=true
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=2.551805 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =6.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=21.092196 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =34.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=122.35961 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =30.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=107.89283 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =23.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1357.5773 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=858.88135 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=858.88135 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1343.0206 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =36.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1045.9354 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =33.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1483.784 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1031.6338 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1476.6332 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1476.6332 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1031.6338 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=858.88135 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =24.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1034.1448 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=858.88135 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=1068.6449 sage=false

argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=44.437622 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =3.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=22.499926 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =18.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=133.31287 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =24.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=177.75049 sage=false
argument[193], =périanthe,forme,en-casque;new_frequence =6.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=66.7007 sage=false
argument[194], =sépales-latéraux,forme,étalé;new_frequence =1.0 ; imp =0.1, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[195], =sépales-latéraux,forme,soudé;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=144.51819 sage=false
argument[196], =pétales,forme,étroit;new_frequence =1.0 ; imp =0.1, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[197], =pétales,forme,contourné;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=311.26993 sage=false
argument[198], =pétales,forme,étalé;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=144.51819 sage=false
argument[199], =pétales,forme,rapproché;new_frequence =3.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=33.35035 sage=false
argument[200], =pétales,forme,non-contourné;new_frequence =1.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[201], =pétales,forme,large;new_frequence =1.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[202], =pétales,forme,lancéolé;new_frequence =2.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=22.233568 sage=false
argument[203], =pétales,forme,acuminé;new_frequence =1.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[204], =éperon,direction,en-haut;new_frequence =1.0 ; imp =0.1, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[205], =éperon,direction,en-bas;new_frequence =1.0 ; imp =1.9, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false

**9). Ouvrir la page Web dédiée au taxon *helleborine***
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=702.4722 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =212.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=12984.731 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=125.371506 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.034588803 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.051883206 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=670.30096 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =89.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=5352.5747 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=702.4722 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =42.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=4.0 , poids=0.79049665 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.0563273 sage=true
argument[13], =périanthe;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.1138637 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =50.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3348.947 sage=false **{4}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2485.7144 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1712.057 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1290.4277 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=868.7984 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =22.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=0.3496312 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=868.7984 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=868.7984 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1290.4277 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=868.7984 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2555.3157 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=229.21709 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =17.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=6.0 , poids=8.27492 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =7.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=6.0 , poids=3.448129 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =17.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.22015324 sage=false
argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.101173945 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=131.77509 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1978.8357 sage=true
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =8.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=6.0 , poids=34.353893 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=691.1775 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=691.1775 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=127.32476 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=202.34888 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=691.1775 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=691.1775 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =13.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=887.4739 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=691.1775 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=5.926214E-5 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=87.14453 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.061142154 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=131.77509 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=740.1583 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.011507 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=750.5511 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2701.351 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=359.07358 sage=true
argument[66], =platanthera;new_frequence =43.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1484.013 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =67.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=6.0 , poids=26.097944 sage=false

argument[68], =bifolia;new_frequence =67.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1828.4601 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =18.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=662.74677 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =55.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1771.7678 sage=true
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =37.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=7.0 , poids=0.5229426 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=750.5511 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1360.0304 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =48.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2776.1306 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=691.6969 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=702.0897 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =42.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3030.8264 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =41.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=7.0 , poids=1.4966269 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =70.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=4451.438 sage=true
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =59.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2402.4636 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =69.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3153.9243 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=13.400338 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1915.1754 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1157.234 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1924.291 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =54.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3437.227 sage=false **{2}** *****
argument[98], =helleborine;new_frequence =57.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3571.1042 sage=true
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=845.7285 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =64.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3278.1792 sage=false **{5}**
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =19.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=683.12836 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2125.8577 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=391.6303 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=595.44464 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =0.1 , FAc=7.0 , poids=8.781227 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =61.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3230.2944 sage=false
argument[107], =trabutianum;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1033.6035 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=714.3433 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =51.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=957.9386 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=750.5511 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=755.7475 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =25.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=1.0369784 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=2003.9398 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.55310893 sage=true
argument[121], =repens;new_frequence =52.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=3422.389 sage=false **{3}**
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =26.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1853.619 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=755.7475 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.728685 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=755.7475 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =35.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=2263.4607 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=702.0897 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2379.0908 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=75.790306 sage=true
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.216635 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.592067 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =44.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=2840.231 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2616.009 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.6236517 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2946.221 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=2633.0518 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =6.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=6.0 , poids=0.08944157 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3003.3164 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =15.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1276.7893 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.128963 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =32.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2451.4077 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =21.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1849.3278 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2728.1746 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=740.1583 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =8.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=740.1583 sage=false

argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =7.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=691.6969 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =19.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=2.8327947 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=1.9574791 sage=false
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=1.352816 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =42.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2223.7153 sage=true
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =47.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2394.864 sage=true
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=7.965785 sage=true
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=0.76554155 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=6.327659 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =34.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=36.707886 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =30.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=32.36785 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =31.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2782.0579 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1795.311 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1795.311 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =35.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2780.5503 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =43.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2268.388 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=3080.688 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2228.14 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=3060.564 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=3047.489 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2228.14 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1795.311 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =29.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2154.4614 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1795.311 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=2226.549 sage=false
argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =10.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=18.220798 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =5.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=9.194734 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =25.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=52.21764 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =40.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=72.883194 sage=false
argument[193], =périanthe,forme,en-casque;new_frequence =18.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=2.0 , poids=32.180027 sage=false
argument[194], =sépales-latéraux,forme,étalé;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[195], =sépales-latéraux,forme,soudé;new_frequence =13.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=274.58456 sage=false
argument[196], =pétales,forme,étroit;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[197], =pétales,forme,contourné;new_frequence =28.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=591.41284 sage=false
argument[198], =pétales,forme,étalé;new_frequence =13.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=274.58456 sage=false
argument[199], =pétales,forme,rapproché;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=63.36566 sage=false
argument[200], =pétales,forme,non-contourné;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[201], =pétales,forme,large;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[202], =pétales,forme,lancéolé;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=42.24378 sage=false
argument[203], =pétales,forme,acuminé;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[204], =éperon,direction,en-haut;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[205], =éperon,direction,en-bas;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false

**10). Ouvrir la page Web dédiée au taxon *flaminia***
argument[0], =orchidaceae;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.0 sage=true
argument[1], =orchidioideae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1334.6973 sage=false
argument[2], =labelle,forme,non-en-sabot;new_frequence =212.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=24670.99 sage=true
argument[3], =labelle;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =1.3 , FAc=3.0 , poids=162.98296 sage=true
argument[4], =organes-de-reproduction,absent,étamine2;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.1460116 sage=false
argument[5], =organes-de-reproduction;new_frequence =14.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.024212161 sage=true
argument[6], =étamine2;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=2.0 , poids=0.036318243 sage=false
argument[7], =cypripedioideae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1273.5718 sage=false
argument[8], =labelle,forme,en-sabot;new_frequence =89.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=10169.892 sage=false **{1}**
argument[9], =organes-de-reproduction,présent,étamine2;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=3.5190175 sage=false
argument[10], =apostasioideae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1334.6973 sage=false
argument[11], =fleur;new_frequence =42.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=4.0 , poids=0.55334765 sage=true
argument[12], =partie-aérienne;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.0563273 sage=true
argument[13], =périanthe;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=3.1138637 sage=true
argument[14], =sépales-latéraux;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[15], =sépale-supérieur;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[16], =pétales;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=true
argument[17], =éperon;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=2.5314846 sage=true
argument[18], =pédoncule;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.4232868 sage=false
argument[19], =labelle,forme,en-languette;new_frequence =50.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=6362.999 sage=false **{5}**
argument[20], =labelle,forme,trilobé;new_frequence =34.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4722.8574 sage=false
argument[21], =labelle,forme,bifide;new_frequence =22.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3252.9082 sage=false
argument[22], =labelle,forme,oblong;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2451.8127 sage=false
argument[23], =labelle,forme,ovale;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1650.7169 sage=false
argument[24], =labelle,forme,large;new_frequence =22.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=0.03496312 sage=false
argument[25], =labelle,forme,obtuse;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1650.7169 sage=false
argument[26], =labelle,forme,ovoide;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1650.7169 sage=false
argument[27], =labelle,forme,concave;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=2451.8127 sage=false
argument[28], =labelle,forme,crénélé;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=1650.7169 sage=false
argument[29], =labelle,forme,étroit;new_frequence =34.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4855.0996 sage=false
argument[30], =labelle,direction,en-bas;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=435.51245 sage=true
argument[31], =labelle,direction,en-haut;new_frequence =20.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=7.0 , poids=9.808521 sage=false
argument[32], =labelle,direction,en-avant;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=7.0 , poids=3.9648566 sage=false
argument[33], =labelle,valeur,très-grand;new_frequence =17.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.06604598 sage=false

argument[34], =labelle,valeur,tres-long;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=4.0 , poids=0.030352185 sage=false
argument[35], =labelle,valeur,petit;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=250.37267 sage=true
argument[36], =labelle,couleur,blanc;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=3950.794 sage=true
argument[37], =labelle,couleur,rosatre;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=114.24836 sage=false
argument[38], =labelle,couleur,verdatre-strié-de-pourpre;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1362.2131 sage=false
argument[39], =labelle,couleur,jaunatre-strié-de-pourpre;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1362.2131 sage=false
argument[40], =labelle,couleur,jaunatre;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[41], =labelle,couleur,vert;new_frequence =22.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=349.66415 sage=false
argument[42], =labelle,couleur,jaune;new_frequence =26.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=7.0 , poids=20.587624 sage=false
argument[43], =labelle,couleur,violet-jaunatre;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1362.2131 sage=false
argument[44], =labelle,couleur,rose-violet;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1362.2131 sage=false
argument[45], =labelle,couleur,rouge;new_frequence =17.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1769.4595 sage=false
argument[46], =labelle,couleur,noir;new_frequence =10.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=1362.2131 sage=false
argument[47], =labelle,similaire,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[48], =labelle,plus-court,pétales;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=5.9262143E-6 sage=false
argument[49], =labelle,plus-long,pétales;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=165.5746 sage=false
argument[50], =labelle,plus-long,sépale-supérieur;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =0.1 , FAc=3.0 , poids=0.0061142156 sage=false
argument[51], =labelle,plus-large,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[52], =labelle,plus-grand,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=5.321883 sage=false
argument[53], =labelle,meme-longueur,pétales;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=250.37267 sage=true
argument[54], =orchideae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1406.3008 sage=false
argument[55], =organes-de-reproduction,présent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[56], =caudicule;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[57], =monocotyledone,présent,partie-souterraine;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=3.4627104 sage=false
argument[58], =monocotyledone;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.6788899 sage=false
argument[59], =partie-souterraine;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.011507 sage=false
argument[60], =pollen,texture,molle;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[61], =pollen;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[62], =pollen,texture,farineuse;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[63], =gymnadeniinae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1426.047 sage=false
argument[64], =herminium;new_frequence =44.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=5348.061 sage=false
argument[65], =périanthe,forme,en-cloche;new_frequence =38.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=868.34845 sage=true
argument[66], =platanthera;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=3059.6067 sage=false
argument[67], =périanthe,forme,en-croix;new_frequence =115.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=612.8097 sage=false
argument[68], =bifolia;new_frequence =78.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=3818.4868 sage=false
argument[69], =fleur,couleur,bleu;new_frequence =20.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=1347.5298 sage=false
argument[70], =chlorantha;new_frequence =64.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=3679.805 sage=true
argument[71], =fleur,couleur,verdatre;new_frequence =38.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=8.0 , poids=0.51708883 sage=false
argument[72], =orchidinae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1426.047 sage=false
argument[73], =himantoglossum;new_frequence =60.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=2877.9136 sage=false
argument[74], =adriaticum;new_frequence =59.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=5563.6064 sage=false
argument[75], =neottieae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1314.2241 sage=false
argument[76], =organes-de-reproduction,absent,caudicule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.3084736 sage=false
argument[77], =pollen,texture,friable;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[78], =cephalantherinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1333.9705 sage=false
argument[79], =anthère,valeur,grand;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[80], =anthère;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.9380572 sage=false
argument[81], =anthère,texture,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[82], =anthère,texture,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[83], =cephalanthera;new_frequence =50.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=6031.274 sage=false
argument[84], =fleur,absent,éperon;new_frequence =42.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=8.0 , poids=0.663383 sage=false
argument[85], =organes-de-reproduction,absent,rétinacle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[86], =rétinacle;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.5183349 sage=false
argument[87], =damasonium;new_frequence =82.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=8.0 , poids=4087.5352 sage=true
argument[88], =fleur,couleur,blanc;new_frequence =70.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=4907.5127 sage=true
argument[89], =fleur,nombre,4-7;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[90], =ceph_longifolia;new_frequence =79.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=7.0 , poids=2925.3455 sage=true
argument[91], =fleur,nombre,6-18;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=4.0201015 sage=true
argument[92], =rubra;new_frequence =59.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3960.624 sage=false
argument[93], =fleur,couleur,violet;new_frequence =39.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=2370.951 sage=false
argument[94], =fleur,nombre,10-12;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[95], =epipactis;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=3857.9539 sage=false
argument[96], =organes-de-reproduction,présent,rétinacle;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=4.7218776 sage=false
argument[97], =flaminia;new_frequence =74.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=6893.1533 sage=true
argument[98], =helleborine;new_frequence =72.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=7177.792 sage=true
argument[99], =fleur,couleur,rosatre;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=1717.2728 sage=false
argument[100], =rubinosa;new_frequence =79.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=6615.4507 sage=false **{3}**
argument[101], =fleur,couleur,rouge;new_frequence =21.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=1390.6704 sage=false
argument[102], =tremolsii;new_frequence =63.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=4382.737 sage=false
argument[103], =fleur,couleur,jaunatre;new_frequence =11.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=792.6686 sage=false
argument[104], =limodorum;new_frequence =17.0 ; imp =1.7, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1214.3042 sage=false
argument[105], =fleur,présent,éperon;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =0.1 , FAc=8.0 , poids=10.406411 sage=false
argument[106], =abortivum;new_frequence =69.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=6513.891 sage=false **{4}**
argument[107], =trabutianum;new_frequence =37.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2165.6477 sage=false
argument[108], =epipogon;new_frequence =25.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=1493.6042 sage=false
argument[109], =aphyllum;new_frequence =63.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2163.6904 sage=false
argument[110], =physurinae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1426.047 sage=false
argument[111], =anthère,valeur,petit;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=2.728196 sage=false
argument[112], =anthère,persistance,caduque;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[113], =goodyera;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1435.9203 sage=false
argument[114], =feuille,forme,nervé-en-réseau;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[115], =feuille;new_frequence =25.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.72588485 sage=true
argument[116], =feuille,couleur,vert;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[117], =oblongifolia;new_frequence =35.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=3962.0298 sage=false
argument[118], =feuille,forme,oblong;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[119], =tige,couleur,vert-foncé;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[120], =tige;new_frequence =9.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.38717625 sage=true

argument[121], =repens;new_frequence =62.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=6776.3027 sage=false **{2}** *****
argument[122], =feuille,forme,ovale;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.5402 sage=false
argument[123], =tige,couleur,vert-clair;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[124], =tesselata;new_frequence =28.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=3645.5115 sage=false
argument[125], =anoectochilus;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1435.9203 sage=false
argument[126], =feuille,forme,nervé-longitudinalement;new_frequence =5.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=16.728685 sage=false
argument[127], =feuille,couleur,brun-strié-de-pourpre;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[128], =macodes;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1435.9203 sage=false
argument[129], =feuille,couleur,vert-clair-récticulé-de-jaune-or;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[130], =haemaria;new_frequence =41.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=4481.613 sage=false
argument[131], =feuille,couleur,pourpre-a-la-face-inférieure;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=3.0 , poids=8.2701 sage=false
argument[132], =spiranthinae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1333.9705 sage=false
argument[133], =anthère,persistance,persistant;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.364098 sage=false
argument[134], =spiranthes;new_frequence =34.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=7.0 , poids=726.1816 sage=false
argument[135], =partie-aérienne,présent,feuille;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=2.0 , poids=144.00159 sage=true
argument[136], =partie-souterraine,présent,bulbe;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=8.216635 sage=false
argument[137], =bulbe;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.592067 sage=false
argument[138], =cernua;new_frequence =52.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=5626.0474 sage=false
argument[139], =inflorescence,texture,serré;new_frequence =51.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=5220.1943 sage=false
argument[140], =inflorescence;new_frequence =10.0 ; imp =0.0, R =0.7 , FAc=3.0 , poids=0.43655616 sage=true
argument[141], =lanceolata;new_frequence =49.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=5837.802 sage=false
argument[142], =gracilis;new_frequence =44.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=8.0 , poids=5197.0825 sage=false
argument[143], =inflorescence,texture,lache;new_frequence =7.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=7.0 , poids=0.10391141 sage=false
argument[144], =parksii;new_frequence =46.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=7.0 , poids=5931.5903 sage=false
argument[145], =neottia;new_frequence =17.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=2518.619 sage=false
argument[146], =partie-aérienne,absent,feuille;new_frequence =4.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=9.128963 sage=false
argument[147], =maculata;new_frequence =36.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=7.0 , poids=2245.8276 sage=false
argument[148], =listera;new_frequence =23.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=6.0 , poids=1692.5416 sage=false
argument[149], =partie-souterraine,absent,bulbe;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.5739592 sage=false
argument[150], =auriculata;new_frequence =42.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=6.0 , poids=5412.603 sage=false
argument[151], =epidendreae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1406.3008 sage=false
argument[152], =pollen,texture,ceracee;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[153], =pollen,texture,demi-molle;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[154], =vandeae;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1406.3008 sage=false
argument[155], =monocotyledone,absent,partie-souterraine;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[156], =pollen,texture,dure;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=1.1542368 sage=false
argument[157], =apostasieae;new_frequence =7.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=1314.2241 sage=false
argument[158], =fleur,valeur,assez-grand;new_frequence =26.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=6.0 , poids=11.455834 sage=false
argument[159], =fleur,valeur,assez-petit;new_frequence =16.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3.7192104 sage=true
argument[160], =fleur,valeur,grand;new_frequence =8.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=6.0 , poids=3.6692283 sage=false
argument[161], =fleur,valeur,petit;new_frequence =55.0 ; imp =0.9, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=692.2579 sage=true
argument[162], =fleur,présent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[163], =fleur,absent,pédoncule;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.1350923 sage=false
argument[164], =fleur,nombre,plusieurs;new_frequence =47.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=4.0 , poids=4550.2417 sage=true
argument[165], =fleur,nombre,3-20;new_frequence =8.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=2.3897357 sage=true
argument[166], =fleur,nombre,3-7;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=0.22966248 sage=false
argument[167], =fleur,nombre,8-10;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[168], =fleur,nombre,18-20;new_frequence =6.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=1.8982978 sage=false
argument[169], =fleur,nombre,1;new_frequence =34.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=11.012366 sage=false
argument[170], =fleur,nombre,2;new_frequence =30.0 ; imp =0.0, R =0.3 , FAc=5.0 , poids=9.710356 sage=false
argument[171], =fleur,oudeur,un-peu;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[172], =fleur,oudeur,désagréable;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[173], =fleur,oudeur,assez;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[174], =fleur,oudeur,du-miel;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=2.0 , poids=4.8242745 sage=false
argument[175], =convallarioides;new_frequence =36.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=5505.951 sage=false
argument[176], =cypripedieae;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3594.4587 sage=false
argument[177], =cypripedilinae;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3594.4587 sage=false
argument[178], =cypripedium;new_frequence =40.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=5527.536 sage=false
argument[179], =calceolus;new_frequence =50.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4615.5503 sage=false
argument[180], =acaule;new_frequence =47.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=6140.5835 sage=false
argument[181], =candidum;new_frequence =48.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4526.8545 sage=false
argument[182], =reginae;new_frequence =46.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=6096.2354 sage=false
argument[183], =arientum;new_frequence =42.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=6046.944 sage=false
argument[184], =parviflorum;new_frequence =48.0 ; imp =0.9, R =0.9 , FAc=5.0 , poids=2071.1555 sage=false
argument[185], =paphiopedilinae;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3594.4587 sage=false
argument[186], =paphiopedilum;new_frequence =34.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4301.2935 sage=false
argument[187], =phragmopedilinae;new_frequence =30.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=3594.4587 sage=false
argument[188], =phragmopedium;new_frequence =35.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=4444.3726 sage=false
argument[189], =périanthe,forme,en-barbe;new_frequence =16.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=132.4157 sage=false
argument[190], =périanthe,forme,étalé;new_frequence =8.0 ; imp =0.1, R =0.1 , FAc=5.0 , poids=1.0549252 sage=false
argument[191], =périanthe,forme,ouvert;new_frequence =38.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=331.47943 sage=false
argument[192], =périanthe,forme,peu-ouvert;new_frequence =64.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=5.0 , poids=529.6628 sage=false
argument[193], =périanthe,forme,en-casque;new_frequence =36.0 ; imp =1.9, R =1.9 , FAc=3.0 , poids=347.57034 sage=false
argument[194], =sépales-latéraux,forme,étalé;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[195], =sépales-latéraux,forme,soudé;new_frequence =13.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=521.7107 sage=false
argument[196], =pétales,forme,étroit;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[197], =pétales,forme,contourné;new_frequence =28.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=1123.6843 sage=false
argument[198], =pétales,forme,étalé;new_frequence =13.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=521.7107 sage=false
argument[199], =pétales,forme,rapproché;new_frequence =3.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=120.39475 sage=false
argument[200], =pétales,forme,non-contourné;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[201], =pétales,forme,large;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[202], =pétales,forme,lancéolé;new_frequence =2.0 ; imp =0.0, R =1.9 , FAc=1.0 , poids=80.263176 sage=false
argument[203], =pétales,forme,acuminé;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false
argument[204], =éperon,direction,en-haut;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=0.30794415 sage=false
argument[205], =éperon,direction,en-bas;new_frequence =1.0 ; imp =0.0, R =1.0 , FAc=1.0 , poids=5.850939 sage=false

**11). Ouvrir la page Web dédiée au taxon *repens***