

Action ROMANS

*Représentation par Objets et Modélisation Alliant Numérique et
Symbolique*

Rhône-Alpes

THÈME 3A



*R*apport
*d'**A*ctivité

2000

Table des matières

1	Composition de l'équipe	3
2	Présentation et objectifs généraux	4
2.1	Contexte et objectifs du projet	4
2.2	Axes de recherche	4
2.2.1	Représentation de connaissances pour la coopération du numérique et du symbolique	4
2.2.2	Pilotage et assemblage de codes de calcul	5
2.2.3	Construction automatisée de modèles numériques	5
2.2.4	Diffusion des bases de connaissances	6
2.3	Relations internationales et industrielles	6
3	Fondements scientifiques	6
3.1	Construction et exploitation de modèles de systèmes dynamiques	6
3.2	Résolution de problèmes et modèles de tâches	7
3.3	Visualisation et diffusion des bases de connaissances	7
4	Domaines d'applications	8
4.1	Mémoire technique d'entreprise	8
4.2	Aide au diagnostic médical	8
4.3	Modélisation et simulation en sciences sociales	9
4.4	Génomique	9
5	Logiciels	10
5.1	AMIA	10
5.2	AROM	10
5.3	GNA	12
6	Résultats nouveaux	12
6.1	Classification et modélisation par objets	12
6.1.1	Classification en présence de classes et de relations	12
6.1.2	Réorganisation de hiérarchies de concepts	13
6.2	Visualisation et diffusion de bases de connaissances	13
6.3	Résolution de problèmes et modèles de tâches	14
6.4	Construction et exploitation de modèles dynamiques	15
6.4.1	Problèmes d'optimisation combinatoire sous contraintes ensemblistes	15
6.4.2	Construction assistée de modèles par assemblage de fragments	16
6.4.3	Analyse qualitative des systèmes dynamiques complexes	16
7	Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)	17
7.1	Génie	17
7.2	Astrid	17

8	Actions régionales, nationales et internationales	18
8.1	Actions nationales	18
8.1.1	Action "Gestion de modèles et de connaissances - Application à la ville" du programme CNRS "Modélisation et simulation numérique"	18
8.1.2	Action bio-informatique CNRS-INRA-INRIA-INSERM	18
8.1.3	OFTA	19
8.2	Actions européennes	19
9	Diffusion de résultats	20
9.1	Animation de la communauté scientifique	20
9.2	Enseignement	20
9.3	Participation à des colloques, séminaires, invitations	20
10	Bibliographie	21

1 Composition de l'équipe

Responsable scientifique

Danielle Ziébelin [Maître de Conférences, université Joseph Fourier]

Assistante de projet

Françoise de Coninck

Personnel de l'université Pierre Mendès France (UPMF)

Daniel Bardou [Maître de Conférences]

Jérôme Gensel [Maître de Conférences]

Michel Page [Maître de Conférences]

Personnel de l'université Joseph Fourier (UJF)

Philippe Genoud [Maître de Conférences]

Collaborateur extérieur

Cécile Capponi [Maître de Conférences, université de Provence]

Ingénieurs experts INRIA

Christophe Bruley

Ludovic Martin-Chefson [jusqu'au 30 novembre 2000]

Chercheurs doctorants

Camille Parisel [allocataire MESR]

Thibaut Parmentier [allocataire MESR]

Vincent Thornary [allocataire MESR]

Stagiaires

Véronique Chabanis [CNAM, jusqu'au 31 janvier 2000]

Véronique Dupierris [CNAM, jusqu'au 1er novembre 2000]

Martine Maume [CNAM, jusqu'au 31 janvier 2000]

Fabien Rigault [Magistère, janvier-août 2000]

2 Présentation et objectifs généraux

2.1 Contexte et objectifs du projet

Mots clés : AMIA, AROM, ASTRID, base de connaissances, classification, composants, contraintes, coopération, diagnostic médical, électromyographie, génome, GNA, langage de modélisation algébrique, mémoire technique, modèle à objets, modèle de tâches, modélisation, modélisation de systèmes dynamiques, MYOSYS, pilotage de bibliothèques de composants, relations, représentation de connaissances, résolution de problèmes, simulation, système à base de connaissances, World Wide Web.

La formalisation mathématique des connaissances occupe une place centrale dans le domaine des sciences et des techniques. Elle se concrétise très souvent par la réalisation de logiciels : outils de simulation/optimisation ou codes de calcul. Un enjeu particulièrement important peut être aujourd'hui identifié dans ce contexte : la réduction des coûts de conception et de développement de ces outils. En effet, force est aujourd'hui de constater qu'un modèle, une fois implanté sous forme d'un logiciel, est rarement transposable à des problèmes voisins de celui pour lequel il a été initialement conçu. Le principal problème réside dans le fait que, pour réaliser de tels outils, l'accent est essentiellement placé sur la mise en œuvre des connaissances numériques : modèle numérique et algorithme(s) associé(s). Les autres connaissances, de nature symbolique pour la plupart - contexte d'utilisation du modèle, hypothèses de validité des équations, choix de modélisation, précision attendue des résultats, etc. - sont au mieux décrites dans les spécifications et les documentations du logiciel. Ces informations n'étant pas accessibles à des mécanismes qui pourraient les traiter automatiquement, les modèles qui leur sont associés sont généralement très difficiles à réutiliser. Ce dernier point vaut aussi bien pour la construction d'un nouveau modèle que pour l'adaptation d'un modèle à un contexte voisin de celui pour lequel il a initialement été conçu.

L'objectif de l'action Romans est d'étudier le problème de la réutilisation de modèles. Pour cela, il est nécessaire de rendre explicites les informations concernant la conception et l'utilisation des modèles et de développer des mécanismes capables d'exploiter ces informations. L'action Romans poursuit cet objectif en menant une recherche sur les formalismes et les techniques de représentation et exploitation de connaissances, afin d'améliorer la collaboration du numérique et du symbolique. Cette recherche est menée avec la volonté d'implanter les résultats obtenus dans des outils génériques pour la structuration et l'exploitation de bases de connaissances scientifiques et techniques. Elle est mise en œuvre dans deux thèmes privilégiés : le pilotage de codes de calcul et la construction automatisée de modèles numériques.

2.2 Axes de recherche

2.2.1 Représentation de connaissances pour la coopération du numérique et du symbolique

Participants : Daniel Bardou, Christophe Bruley, Cécile Capponi, Philippe Genoud, Jérôme Gensel, Michel Page, Danielle Ziébelin.

Dans ce thème central, il s'agit de proposer des formalismes de représentation des connais-

sances permettant d'exprimer les propriétés des éléments composant le système modélisé et leurs relations, qu'elles soient numériques ou non. Il s'agit également de définir et mettre en œuvre des mécanismes exploitant ces représentations, capables, par exemple, de raisonner sur les hypothèses sous-tendant les équations d'un modèle, ou sur le choix de variantes possibles de modélisation. Ce travail a donné lieu à la conception d'un modèle de représentation des connaissances, basé sur des objets et des relations, et à un logiciel implantant ce modèle dénommé AROM (Allier Relations et Objets pour Modéliser). AROM est notamment utilisé dans différents projets bio-informatiques de l'action HELIX, parmi lesquels Géno*. Une perspective intéressante de cet axe de recherche est la constitution d'une bibliothèque de relations prédéfinies et dotées d'une sémantique qui permette d'accélérer le processus de développement de bases de connaissances.

2.2.2 Pilotage et assemblage de codes de calcul

Participants : Christophe Bruley, Philippe Genoud, Thibault Parmentier, Danielle Ziébelin.

Le pilotage de codes permet à des spécialistes d'un domaine d'utiliser des programmes et des bibliothèques de programmes sans compétences particulières sur ces codes. Le pilotage est effectué grâce à un langage de résolution de problèmes qui s'appuie lui-même sur un langage de représentation de connaissances. Ce dernier permet de modéliser les connaissances du domaine considéré (hypothèses, données, résultats, équations, paramètres, etc.) ainsi que les diverses stratégies adaptées à la résolution des types de problèmes rencontrés. Grâce à des mécanismes exploitant ces connaissances, le pilotage s'effectue en enchaînant successivement des phases de classification et de décomposition du problème. AROM propose un modèle de représentation de connaissances méthodologiques basé sur la description de problèmes, de méthodes et de stratégies. Ces fonctionnalités sont notamment utilisées dans le cadre du projet ASTRID par le consortium composé de trois industriels DER d'EDF, Schneider Electric, et la DGA. Ce projet est mené avec le LIS à l'INPG.

2.2.3 Construction automatisée de modèles numériques

Participants : Jérôme Gensel, Michel Page, Camille Parisel.

L'objectif de ces travaux est d'étudier comment construire de manière automatique ou semi-automatique des modèles à partir de bibliothèques de fragments réutilisables. Chaque fragment de modèle contient une description partielle d'un composant ou d'un phénomène du domaine modélisé : équation ou ensemble d'équations, ainsi que différentes informations telles que des hypothèses de validité qui lui sont associées. Les problèmes posés par ce thème sont doubles. D'une part, il s'agit, en s'appuyant sur les résultats du premier thème, de définir des formalismes permettant d'exprimer les fragments de modèles. D'autre part, il s'agit de concevoir des algorithmes capables de composer, dans un contexte d'utilisation donné, des modèles par sélection et assemblage de fragments pertinents. Ce travail a donné lieu à des propositions pour la construction assistée de modèles qui ont été mises en œuvre dans le cadre d'une collaboration avec les géographes de l'équipe CNRS P.A.R.I.S. à Paris I.

2.2.4 Diffusion des bases de connaissances

Participants : Véronique Dupierriis, Philippe Genoud, Danielle Ziébelin.

Le Web est aujourd'hui le moyen privilégié pour diffuser et acquérir de l'information. Il est donc naturel que nous attachions de l'importance à son exploitation dans le cadre des bases de connaissances. Celui-ci peut être utilisé pour rendre accessible des bases de connaissances en vue d'une simple consultation. Il s'agit alors de traduire le contenu d'une base de connaissances sous forme hypertexte en maintenant les liens de structuration pour permettre une navigation aisée et rapide entre les différents concepts. Cependant une base de connaissances est rarement une entité figée. La connaissance est sans cesse amenée à évoluer, à être affinée ou complétée. En complément d'outils de consultation, il est donc également nécessaire de fournir des outils d'édition permettant à des groupes d'experts de travailler de manière collaborative à l'élaboration et à l'évolution d'une base de connaissances. Les travaux menés dans ce cadre ont donné lieu à la réalisation d'un système, WebAROM, qui à partir d'un simple navigateur Web permet la consultation, l'annotation et l'édition de bases de connaissances AROM. WebAROM a été exploité lors du projet européen EMG-NET pour permettre, d'une part, la collaboration de différents médecins concepteurs d'une base d'ontologies des maladie neuro-musculaires dégénératives, et d'autre part, de réaliser des requêtes statistiques et d'analyse de données sur une base composée de plusieurs milliers de cas médicaux provenant de sept pays de la communauté européenne et de quatre pays d'Europe centrale et orientale.

2.3 Relations internationales et industrielles

L'action Romans entretient une activité de recherche depuis plusieurs années avec le projet ORION de Sophia antipolis et Cécile Capponi de l'Université de Provence. Elle est aussi en contact avec différentes équipes de la communauté des langages de représentation de connaissances tel que le projet ORPAILLEUR du Loria, le LIRM de Montpellier et des laboratoires de l'IMAG comme TIMC et le LSR. Au plan des relations industrielles figurent des partenaires comme EDF et Schneider Electric dans le cadre du contrat Astrid, et Dassault-Aviation dans le cadre du contrat Genie. Enfin au plan international, l'action Romans entretient des relations privilégiées avec les universités de Copenhague, Newcastle, Lisbonne, Mayence, Bologne, Sofia et Bratislava dans le cadre du contrat européen EMG-net.

3 Fondements scientifiques

3.1 Construction et exploitation de modèles de systèmes dynamiques

Dans les domaines scientifiques et techniques, de nombreux systèmes ont un comportement dynamique, c'est-à-dire impliquent des entités et des interrelations entre ces entités qui évoluent dans le temps. L'objectif poursuivi est d'obtenir une automatisation, ou tout au moins une assistance, pour les différentes tâches du processus de modélisation et de simulation de systèmes dynamiques. Ces tâches concernent la construction, la révision et la validation du modèle, la réalisation des simulations, l'analyse des résultats de simulation et la réutilisation de sous-modèles.

Dans cette optique, l'action Romans poursuit ses recherches selon deux axes. Premièrement, en étudiant l'interaction entre les connaissances symboliques et numériques qui caractérisent les systèmes dynamiques. Les premières décrivent les entités du domaine d'application, mais également des relations entre ces entités qui ne mettent pas directement en jeu des quantités numériques (choix de modélisation, conditions de validité des équations, ...). Les secondes décrivent les équations et les contraintes liant les propriétés numériques des entités du domaine (variables du modèle) dans un formalisme mathématique. L'action Romans étudie des formalismes permettant de représenter de manière homogène ces deux types de connaissances ainsi que des mécanismes capables de les exploiter, par exemple, pour réaliser de la simulation sous contraintes ou effectuer une construction automatique de modèles à partir de fragments de modèles.

Deuxièmement, l'action Romans étudie, en collaboration avec l'action Helix, le problème de la modélisation et de l'analyse de systèmes pour lesquels le manque de connaissances et/ou de données précises empêche la réalisation de simulations numériques. C'est par exemple le cas pour la modélisation des réseaux régulateurs géniques en biologie, qui est le principal domaine d'application de cet axe de recherche. Les travaux dans ce domaine explorent le recours à des formalismes qualitatifs pour remédier au manque d'information numérique, ainsi que le développement d'algorithmes de simulation et d'analyse adaptés à ce type formalisme.

3.2 Résolution de problèmes et modèles de tâches

Les modèles de tâches permettent de décrire des schémas de résolution de problèmes sous la forme d'une décomposition récursive du problème initial en sous-problèmes plus simples. Cette décomposition se termine lorsqu'on obtient des problèmes élémentaires solubles par l'exécution d'un fragment de code. L'utilisation d'un modèle de tâches sur un problème donné s'effectue de la manière suivante : à chaque pas de décomposition, le problème courant, représenté par une instance de tâche, est tout d'abord caractérisé par sa classification dans une hiérarchie de tâches de même catégorie, puis il est décomposé selon les prescriptions de la tâche qui a été sélectionnée. Il en résulte donc une analyse particulière en sous-problèmes et le cycle caractérisation-décomposition se répète sur chacun de ces sous-problèmes. En outre, la décomposition est réalisable de manière coopérative : ainsi, les utilisateurs peuvent à tout moment arrêter une décomposition, modifier la description du problème et comparer plusieurs schémas de résolution entre eux. Les modèles de tâches sont ainsi bien adaptés à la formalisation et l'exploration d'un processus de résolution quelconque.

L'action Romans propose dans la plate-forme Arom, un nouveau modèle de tâches permettant de dissocier la représentation des problèmes et de leur méthodes de résolution. La mise en œuvre de multiples méthodes de résolution regroupées pour permettre de résoudre au mieux un même problème entraîne des modifications structurelles et opérationnelles du modèle de tâches classique.

3.3 Visualisation et diffusion des bases de connaissances

Le problème de l'interface avec l'utilisateur est capital pour l'acceptation et l'exploitation des systèmes qui mettent en œuvre de grandes quantités de connaissances. Les développements

conjointes de l'informatique et des réseaux de communication et le rôle de plus en plus important qu'ils jouent dans le cycle de l'information, ont profondément bouleversé la manière dont nous accédons et utilisons l'information. C'est dans ce contexte que l'action Romans poursuit des recherches dans deux directions complémentaires : la mise à disposition et l'exploitation de bases de connaissances, via des serveurs HTTP, et la visualisation d'informations à l'aide de nouveaux paradigmes.

Ainsi, le système AROM se comporte comme des serveurs de connaissances accessibles depuis un client HTTP. Ils permettent de naviguer dans la structure de la connaissance, de l'éditer ou encore de soumettre des requêtes structurées. Un mécanisme d'annotation de bases de connaissances a été élaboré afin de permettre de commenter toute information contenue dans la base quelque soit son niveau de granularité.

4 Domaines d'applications

L'action Romans cultive plusieurs domaines d'expérimentation : les mémoires technique d'entreprise et l'aide au diagnostic médical, l'élaboration de modèles de systèmes dynamiques dans les domaines socio-économiques et la génomique.

4.1 Mémoire technique d'entreprise

Une mémoire technique est destinée à recevoir la connaissance technique utilisée par les ingénieurs de l'entreprise. Cette mémoire se doit d'être vivante parce qu'elle est utilisée et enrichie de manière quotidienne. Elle doit être, en outre, cohérente et intelligible. Notre approche de la mémoire technique est nourrie de notre expérience de la construction de bases de connaissances. Trois principes la gouvernent :

- les mémoires techniques seront d'autant plus utiles qu'elles seront exprimées dans un langage formel permettant d'effectuer un certain nombre de vérifications et de manipulations ;
- toutes les informations ne pouvant s'exprimer de manière formelle, il est nécessaire de lier cette connaissance aux documents informels qui la concernent (annotations, bibliographie, lexique) ;
- les "rédacteurs" de cette mémoire technique doivent être aidés dans cette démarche.

4.2 Aide au diagnostic médical

L'électromyographie est une technique de diagnostic des maladies neuromusculaires. Elle utilise des protocoles d'examen lourds et parfois douloureux pour le patient. Il est donc pertinent d'aider un praticien à choisir les examens les plus appropriés pour une situation donnée.

Les maladies neuromusculaires, souvent de nature dégénératives, sont encore très mal connues. Certaines sont dues à des facteurs génétiques (c'est le cas des myopathies), d'autres à des neurotoxiques ou à des raisons inconnues comme dans le cas de la maladie de Creutzfeld-Jacob. L'étude de ces maladies, via les protocoles d'électro-myographie, impose au patient un

suivi régulier et fréquent, ainsi que des examens pénibles et coûteux. Il est donc important de fournir aux praticiens des outils informatiques d'aide à la décision leur permettant, d'une part d'assurer un suivi optimal de chaque patient, et, d'autre, part de mieux comprendre, à l'échelle des populations concernées, les évolutions de ces maladies.

En effet, les études épidémiologiques apportent une meilleure connaissance des paramètres neurologiques et de leur corrélation avec des connaissances anatomiques, physiologiques ou cliniques; elles apportent également une meilleure caractérisation de l'évolution, de l'évolutivité et de la chronicité de ces maladies. Dans ce contexte, la recherche médicale peut tirer grandement partie des technologies basées sur Internet qui autorisent, par exemple, un accès aisé à des dossiers de patients ayant contracté des pathologies neurologiques rares telles que la maladie de Creutzfeld-Jacob, l'artériosclérose amyotrophique, la maladie de Lambert-Eaton, ainsi que certaines myopathies ou neuropathies. Par ailleurs, les experts confrontés au diagnostic de ces maladies souhaitent souvent le concours de confrères afin de comparer leurs analyses et de permettre ainsi un meilleur suivi du patient. Dès lors, la mise à disposition d'outils collaboratifs, tels ceux définis au sein de l'action Romans, apporte une aide appréciable dans ce dialogue.

4.3 Modélisation et simulation en sciences sociales

L'adjonction à des modèles mathématiques de connaissances explicitant les choix de modélisation et les hypothèses de validité des équations, favorise leur réutilisation dans des contextes différents de ceux de leur élaboration. Cette approche s'avère particulièrement féconde pour la modélisation et la simulation en sciences sociales.

Pour permettre la construction de modèles réutilisables, deux approches sont envisageables. La première consiste à proposer des outils permettant de développer des familles de modèles génériques qui puissent être adaptés à différents contextes d'utilisation. La seconde consiste à construire une bibliothèque de fragments de modèles réutilisables pouvant être sélectionnés et assemblés par des algorithmes appropriés.

La première approche est expérimentée en collaboration avec l'ADEME (Agence pour le Développement et la Maîtrise de l'Énergie) sur la prévision de la demande en énergie. Il s'agit de prévoir la consommation à long terme en énergie en fonction de différents scénarios politiques, économiques et techniques. La famille de modèles développée dans le cadre de cette application (MEDEE) est de grande taille. Elle se compose de plus de 1000 équations qui sont implantées grâce au logiciel AMIA. Cette application est actuellement utilisée par la Communauté Européenne.

La seconde approche donne actuellement lieu à une expérimentation menée en collaboration avec les géographes de l'équipe P.A.R.I.S (CNRS URA 1243) sur la dynamique des systèmes de villes. Il s'agit de construire une bibliothèque de fragments de modèles qui, à partir d'hypothèses sur les migrations entre les lieux d'habitation, permette de construire un modèle approprié pour simuler l'émergence des villes et des systèmes de villes.

4.4 Génomique

Les travaux dans ce domaine d'application sont le résultat, pour une grande part, de la collaboration avec l'action Helix. Ces travaux comportent deux volets. Le premier est la modé-

lisation et la simulation qualitative des réseaux d'interactions géniques, en collaboration avec Hidde de Jong et Céline Hernandez de l'action Helix. Le second est la participation, via le système de représentation de connaissances AROM, au développement de différentes bases de connaissances en biologie pour la modélisation des voies métaboliques ainsi de la cartographie comparée. D'autres travaux sont en cours dans ce domaine avec le Laboratoire de chimie bactérienne de Marseille, le LIM, et le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Macromoléculaires de Marseille. Ces derniers travaux portent sur la reconstruction de systèmes biologiques intégrés avec pour application les systèmes de transport bactériens.

5 Logiciels

5.1 AMIA

Participant : Michel Page [correspondant].

Développé en collaboration avec l'université Pierre Mendès France de Grenoble, AMIA est un logiciel pour la modélisation et la simulation à base de connaissances. L'objectif visé à travers ce logiciel est double. Le premier est d'améliorer l'intelligibilité et la réutilisabilité des modèles numériques par l'apport et l'exploitation de connaissances de nature symbolique. Ces dernières sont utilisées pour :

1. exprimer les propriétés et les relations non-numériques entre les composants du système modélisé ;
2. formaliser les hypothèses sous-tendant les équations d'un modèle et rendre ainsi explicite le contexte de validité de ce modèle ;
3. construire différentes variantes d'un modèle et formaliser le choix des variantes adaptées en fonction du contexte de simulation.

Ces connaissances, ainsi que les équations composant le modèle, sont exprimées dans un langage de modélisation algébrique, un formalisme d'écriture des équations proche des notations algébriques utilisées en mathématiques. AMIA dispose de mécanismes de simulation directe et inverse adaptés à ce type de langage. Actuellement, AMIA est utilisé dans des projets industriels, notamment par l'ADEME (Agence pour le Développement et la Maîtrise de l'Énergie), pour la prévision de la demande à long terme en énergie.

5.2 AROM

Participants : Michel Page, Jérôme Gensel, Christophe Bruley [correspondant], Philippe Genoud, Danielle Ziébelin, Daniel Bardou.

Basé sur les compétences acquises par le projet Sherpa en représentation des connaissances par objets et en simulation de systèmes dynamiques (AMIA), AROM a pour vocation d'être un système de gestion de bases de connaissances intégrant des techniques de modélisation à base d'objets et de relations et exploitant la puissance d'expression d'un langage algébrique.

C'est d'ailleurs la signification de l'acronyme d'AROM: Associer Relations et Objets pour Modéliser.

Dans la plupart des systèmes de représentation de connaissances par objets, les liens entre objets sont décrits par le biais d'attributs qui référencent d'autres objets. Il existe cependant deux cas importants dans lesquels ces systèmes n'offrent pas de solution satisfaisante pour la représentation des relations :

- lorsque les objets sont liés par des relations d'arité supérieure à 2,
- lorsque les relations comportent des attributs qui les caractérisent.

Dans AROM, un système de représentation des connaissances basé sur des objets et des relations est proposé [17]. Les relations y sont considérées au même niveau que les classes. Elles peuvent être d'arité quelconque et comporter des attributs au même titre que les classes. Les relations sont, comme les classes, organisées en hiérarchies, matérialisant une spécialisation croissante.

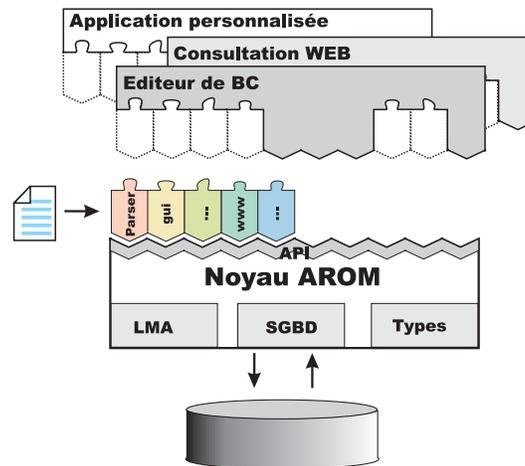


FIG. 1 – Architecture logicielle de la plate-forme AROM.

Le système AROM offre des outils permettant aux utilisateurs de construire des bases de connaissances et de réaliser des applications manipulant ces bases de connaissances. Totalement écrit en JAVA 1.2, le système est actuellement constitué des éléments suivants (voir Fig. 1).

- Un noyau, qui assure la gestion des différents éléments du modèle de représentation des connaissances. Ce noyau intègre également un langage algébrique qui permet d'écrire des équations liant les attributs des classes et des associations d'une base de connaissances, de poser des contraintes sur ces attributs et d'exprimer des requêtes sur le contenu d'une base de connaissances. Le noyau offre une API JAVA qui permet, à partir d'une application, de créer, consulter, et modifier une base de connaissances AROM.
- Un éditeur de bases de connaissances permettant la conception interactive de bases de connaissances au moyen d'un éditeur de graphes adoptant des notations graphiques voisines de celles d'UML (Unified Modeling Language).

- Un module de consultation permettant l'accès à une base de connaissances et l'édition des instances à partir d'un navigateur Web. S'appuyant sur la technologie JSP (Java Server Pages), ce module génère dynamiquement des pages HTML qui permettent de parcourir le contenu d'une base de connaissances.
- Un module de tâches permettant de piloter des programmes externes et de concevoir des stratégies permettant de choisir, de paramétrer et d'enchaîner au mieux ces programmes.

Les informations concernant le système AROM sont disponibles à l'URL suivant : <http://www.inrialpes.fr/romans/pub/arom/>.

5.3 GNA

Participant : Michel Page [correspondant].

Le logiciel Genetic Network Analyzer (GNA), réalisé en collaboration avec Hidde de Jong et Céline Hernandez de l'action Hélix, a pour but d'analyser automatiquement des réseaux de régulation entre gènes. Les réseaux sont modélisés par une classe d'équations différentielles linéaires "par morceaux" qui est une famille de modèles souvent utilisés par les bio-mathématiciens, pour ce type de problème. Les modèles sont qualitatifs, dans le sens où les valeurs numériques des variables d'état et des paramètres du modèle ne sont pas connues. Par contre, le signe des variables et des paramètres est connu, de même que certaines (in)égalités liant ces éléments, ce qui rend possible le développement d'algorithmes de simulation qualitative. Les algorithmes proposés reprennent et étendent des travaux de bio-mathématiciens sur la classe de modèles mentionnée ci-dessus et des idées provenant du domaine de raisonnement qualitatif en informatique. Implémenté en Java, GNA trouve les points d'équilibre dans différentes régions de l'espace d'état et trace les trajectoires du système d'une région à l'autre.

6 Résultats nouveaux

6.1 Classification et modélisation par objets

6.1.1 Classification en présence de classes et de relations

Participants : Cécile Capponi, Jérôme Gensel.

La classification est un mécanisme d'inférence central dans les systèmes de représentation de connaissances par objets. Elle permet de déterminer la classe d'appartenance la plus spécifique possible d'une instance dans la hiérarchie des sous-classes de sa classe. L'idée sous-jacente à cette "descente" de l'instance vers des sous-classes plus spécifiques et d'y trouver les informations (domaines, valeurs par défaut, autres mécanismes d'inférence, ...) permettant de compléter l'instance. Dans AROM, la classification concerne à la fois les objets des classes et les tuples des associations. La classification d'un objet comme la classification d'un tuple repose sur un test de la possibilité d'attacher l'objet à la classe ou, s'il s'agit d'un tuple, à l'association. Deux phases se succèdent : l'une de vérification statique où l'information disponible dans l'objet ou le tuple est confrontée à la description de la classe ou de l'association,

l'autre dynamique où l'information déjà connue ou inférée grâce aux mécanismes d'inférence disponibles est confrontée à la description de la classe. Un algorithme de classification d'objets et de tuples a été proposé [9].

Des problèmes restent cependant ouverts, et sont à l'étude. Ils concernent l'indéterminisme introduit par les contraintes de multiplicité, le recours à un système de maintien de vérité pour propager les valeurs obtenues lors des inférences, les liens étroits entre la classification d'un objet et celles des tuples dans lesquels il est impliqué, la notion de variables discriminantes (conditions nécessaires) vis-à-vis de la classification, la prise en compte d'objets de Skolem.

6.1.2 Réorganisation de hiérarchies de concepts

Participant : Daniel Bardou.

La construction de hiérarchies d'héritage est une activité importante dans le processus de modélisation, que ce soit dans le cadre de la construction d'une bases de connaissances à objets ou dans celui de la programmation par objets. En factorisant les propriétés communes à plusieurs concepts dans des concepts plus généraux pour les mettre, par héritage, à la disposition de concepts plus spécifiques, elle joue un rôle essentiel dans l'organisation des connaissances et leur réutilisation. Les systèmes à classes permettent la construction de telles hiérarchies de concepts, mais plusieurs problèmes se posent en cas d'évolution de celles-ci, en particulier lorsque le système possède déjà des instances. Les systèmes à prototypes sont des systèmes à objets sans classes généralement basés sur le mécanisme de délégation. Ils présentent l'inconvénient de ne pas permettre une représentation explicite et fiable des concepts ; mais ils sont bien adaptés à des phases d'exploration de nouvelles solutions, en particulier car ils lèvent les contraintes qu'imposent généralement les classes à leurs instances. Nous proposons dans [8] de transcrire un modèle de classes en un modèle à prototypes "équivalent", en cas de réorganisation de la hiérarchie d'héritage, afin de pouvoir résoudre plus aisément les problèmes liés à la présence d'instances. On devrait pouvoir ensuite déduire de manière semi-automatique un nouveau modèle de classes correspondant à la hiérarchie réorganisée. Cette approche peut également s'avérer utile dans la phase de modélisation initiale d'un système. Ce travail doit se poursuivre en association avec Marianne Huchard et Thérèse Libourel (LIRMM, Montpellier).

6.2 Visualisation et diffusion de bases de connaissances

Participants : Philippe Genoud, Véronique Dupierris.

La constitution de bases de connaissances ne se limite pas à la simple réalisation de systèmes qui par des mécanismes d'inférence appropriés exploitent ces connaissances pour résoudre des problèmes sous-jacents. Une base de connaissances peut se suffire en elle même et peut être consultée en tant que base d'informations sur un domaine donné comme le serait une encyclopédie. C'est dans cette optique de consultation qu'a été initié le projet WebAROM : il s'agissait de permettre la diffusion la plus large possible de bases de connaissances développées avec le formalisme AROM [17]. Le World Wide Web permet une telle diffusion : des navigateurs sont disponibles sur toutes les plates-formes et la plupart des utilisateurs en connaissent l'usage. Il s'agit donc de définir une architecture pour la mise en place d'un serveur de base de connais-

sances permettant à des utilisateur de consulter des bases en se connectant simplement au travers du réseau depuis un simple navigateur Web. Ce choix, s'il nous limite dans les possibilités d'interface graphique (fonctionnalités offertes par HTML augmentées par l'utilisation de scripts et applets) offre l'avantage de ne nécessiter aucun déploiement d'application du côté des postes clients et de n'imposer aucune mise à jour lors d'évolutions ultérieures du serveur. L'information transmise par WebAROM, le serveur de bases de connaissances, consiste en de simples documents HTML tels que ceux transmis par un simple serveur HTTP. Cependant ces documents sont construits dynamiquement à partir des informations contenues dans les bases de connaissances AROM et en fonction des requêtes du client. Cela évite d'avoir à compiler les bases de connaissances en une représentation directement exploitable sur le Web et permet de fournir à tout instant l'information correspondant à l'état effectif de la base de connaissances au moment où la requête est soumise. Si la consultation était une première étape nécessaire à la diffusion de bases de connaissances, le besoin s'est très vite fait sentir de compléter celle-ci par des possibilités d'édition. En effet, les connaissances sont souvent amenées à être complétées, raffinées, modifiées. De la même manière qu'il est nécessaire de les rendre accessibles, il faut permettre à des experts (non informaticiens) de les faire évoluer. L'application WebAROM a donc été étendue pour permettre à des utilisateurs autorisés d'annoter et de faire évoluer de manière concurrente une base de connaissances AROM, toujours depuis un navigateur web. Les problèmes rencontrés sont les problèmes classiques de partage et de mise à jour des données dans un environnement réparti et collaboratif. Des mécanismes simples de verrouillage ont été mis en place afin d'éviter des éditions concomitantes sur des mêmes entités d'une base de connaissance. Par ailleurs il est possible à tout de moment pour un utilisateur d'avoir connaissance des autres utilisateurs travaillant simultanément sur une même base de connaissance et des opérations qu'ils sont en train d'effectuer. Ces fonctionnalités sont complétées par un mécanisme d'annotation (pouvant s'appliquer à n'importe quel niveau de structuration de la connaissance) qui peut être exploité ensuite en différé pour faire évoluer la base de connaissances.

Un premier prototype de WebAROM [14, 15] est opérationnel, basé sur la technologie Java Server Pages, il est composé d'un ensemble de composants logiciels (javaBeans) d'accès/édition à une base de connaissance AROM qui peuvent être assemblés pour construire aisément et rapidement un application Web. Ce prototype a été utilisé dans le cadre du projet Européen EMG-NET, il permet à différents médecins de collaborer à la conception d'une base d'ontologie des maladies neuromusculaires dégénératives sous le contrôle d'un modérateur. Toujours dans le cadre du projet EMG-NET l'application WebAROM a été augmentée de modules de requêtes statistiques et d'analyse de données permettant l'étude comparative de plusieurs milliers de cas médicaux issus des 11 pays partenaires du projet, ces cas étant enregistrés dans des bases de connaissances AROM.

6.3 Résolution de problèmes et modèles de tâches

Participants : Christophe Bruley, Philippe Genoud, Thibault Parmentier, Danielle Ziébelin.

Les travaux sur les modèles de tâches et le pilotage de code ont pour objet, en rendant

explicite la connaissance sur l'utilisation de programmes, d'en faciliter l'utilisation. Il s'agit donc de trouver des formalismes adaptés pour décrire cette connaissance ainsi que de la rendre exploitable par des algorithmes de résolution, résolution supervisée par un utilisateur.

Dans le cadre de l'action ROMANS, ces travaux ont été conduits dans deux directions. D'une part une réflexion est conduite sur l'utilisation de langages de tâches dans un environnement réparti. Ces recherches font l'objet des travaux de thèse de Thibault Parmentier : il s'agit d'étudier les problèmes liés à la description de connaissances pouvant être partagées et distribuées entre différents sites, de définir des mécanismes de résolution prenant en compte l'exécution de tâches à distance, et de proposer des critères de rationalité (qualité de service). La spécification d'un atelier de pilotage de programmes a été produite en ce sens [20]. Parallèlement à cette réflexion, la réalisation d'un nouveau noyau pour un système de tâches a été entreprise (Christophe Bruley, Philippe Genoud, Danielle Ziébelin), noyau sur lequel devrait s'appuyer le système pour le pilotage réparti de programmes défini par Thibault Parmentier. Ce noyau, AROM-TASK, est implémenté au dessus du système AROM doit il exploite les particularités pour la description des connaissances de domaines sur lesquelles s'appuient les tâches. Le modèle de tâches adopté est une amélioration des modèles précédemment définis (SCARP, POWERTASK réalisé au sein du projet Sherpa). La structuration de la connaissance proposée rend explicite la séparation entre classes de problèmes, stratégies de résolution et méthodes de résolution. Outre une plus grande lisibilité et une plus grande souplesse (il n'y a plus de limite sur le nombre de méthodes de résolution associées à un problème), ce modèle offre de nouvelles perspectives en particulier en vue d'une utilisation répartie. Une implémentation a été effectuée dans le cadre du contrat ASTRID, l'architecture adoptée est similaire à celle d'AROM : un langage textuel de description de bases de connaissances méthodologiques (problèmes, stratégies, méthodes) a été défini ainsi qu'une interface de programmation (API) java. Un premier moteur d'exécution capable d'interpréter un tel modèle a également été réalisé. La paramétrisation de ce dernier, la possibilité de gérer les retours arrière en cours d'exécution sont à l'étude. De même une interface graphique pour l'édition de bases méthodologiques et un environnement graphique d'exécution sont en cours de définition.

6.4 Construction et exploitation de modèles dynamiques

6.4.1 Problèmes d'optimisation combinatoire sous contraintes ensemblistes

Participants : Vincent Thornary, Jérôme Gensel.

Pour des raisons de compacité d'expression, certains des modèles traités en simulation portent sur des variables ensemblistes. La simulation sous contraintes nécessite alors d'être capable, d'une part, de représenter des variables ensemblistes et, d'autre part, de proposer des techniques de résolution adaptées à ces variables ensemblistes. Le travail réalisé ici porte donc sur ces deux aspects. En premier lieu, une représentation hybride des domaines des variables ensemblistes a été proposée. Elle allie les avantages des deux représentations traditionnellement adoptées en programmation par contraintes ensemblistes : énumération et intervalle d'ensembles. La représentation hybride permet, sous contrôle de seuils, de renseigner le système de résolution sur les valeurs qui ne peuvent pas faire partie de la solution d'une contrainte (inconsistance locale), et donc d'accélérer la recherche de solutions en évitant les instanciations

inconsistantes de variables. Concernant la résolution de problèmes de satisfaction de contraintes ensemblistes, les techniques classiques de résolution exhaustives proposées par la programmation par contraintes ne conviennent pas pour les modèles de grande taille. En revanche, les méthodes de recherche locale de solutions (recuit simulé, méthode “tabou”) donnent des résultats satisfaisants sur des problèmes d’optimisation combinatoire de grandes tailles. Le travail réalisé consiste à adapter deux méthodes de recherche locale de solutions (le recuit simulé et la méthode “tabou”) à la représentation hybride proposée. L’idée est d’exploiter l’information fournie par cette représentation dans la détermination de la fonction de voisinage sous-jacente à chacune de ces méthodes.

6.4.2 Construction assistée de modèles par assemblage de fragments

Participants : Camille Parisel, Michel Page.

La construction automatisée de modèles peut être envisagée comme un processus de sélection et d’assemblage de sous-modèles élémentaires prédéfinis appelés fragments. Ces fragments modélisent une fraction du domaine d’application (un phénomène, une équation, un composant physique . . .) et sont organisés en une bibliothèque. Les fragments reposent souvent sur des hypothèses à différents niveaux qui sont partiellement, voire totalement, contradictoires. L’objectif de la construction automatisée de modèles par assemblage de fragments est de déterminer dans la bibliothèque l’ensemble de fragments pertinents pour constituer un modèle qui soit complet, cohérent et le plus simple possible pour répondre à une question donnée. Les travaux existants sur la construction de modèles proposent une approche automatique de la construction de modèles : une fois la bibliothèque de fragments constituée, le modélisateur fournit une description de son système et obtient, si la bibliothèque est correcte, un modèle de ce système. Dans la pratique, cette approche manque de flexibilité dès lors que la bibliothèque s’avère incomplète ou inadéquate pour une portion du modèle.

Nous proposons une approche semi-automatisée [18, 19]. Le modélisateur peut faire appel à la bibliothèque pour concevoir certaines parties du modèle et construire par lui-même d’autres parties sous le contrôle du système de composition qui assure la cohérence globale du modèle. Un formalisme de description de fragments de modèles et les spécifications du moteur de composition sont en cours d’élaboration.

En collaboration avec les géographes de l’équipe P.A.R.I.S (CNRS URA 1243), et avec le soutien du programme “Modélisation et simulation numérique” du CNRS, des expérimentations sont menées sur la dynamique des systèmes de villes. Il s’agit, à partir d’un semis initial de lieux d’habitation et de différentes hypothèses sur les migrations entre ces lieux d’habitation, de simuler l’émergence des villes et des systèmes de villes.

6.4.3 Analyse qualitative des systèmes dynamiques complexes

Participant : Michel Page.

L’analyse mathématique des systèmes complexes est souvent rendue difficile par le fait que la connaissance du système est incomplète. La modélisation des réseaux régulateurs géniques en biologie est un bon exemple. Même si l’influence d’un gène sur l’expression d’un autre gène

peut être caractérisée comme positive ou négative, la forme mathématique précise de cette interaction est souvent difficile à donner. Il est cependant possible de recourir à des modèles qualitatifs pour remédier au manque d'information numérique.

Les actions Romans et Hélix travaillent conjointement sur le développement de méthodes pour l'analyse qualitative des systèmes dynamiques complexes, en particulier les réseaux d'interactions géniques. Un formalisme basé sur des équations différentielles linéaires "par morceaux" a été proposé pour modéliser les réseaux d'interactions géniques. Des algorithmes de simulation qualitative adaptés à ce formalisme ont été développés et mis en œuvre dans un logiciel appelé GNA (Genetic Network Analyzer). Une étude empirique de ces algorithmes de simulation a permis de montrer qu'il est désormais possible de simuler des réseaux d'interactions plus grands et plus complexes que ce qui était possible jusqu'à présent. L'ensemble de ces résultats est présenté dans les publications [11] et [12].

7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

7.1 Génie

Participants : Danielle Ziébelin, Christophe Bruley, Philippe Genoud.

L'action Romans participe à la phase 2 de l'action de développement Génie (Génération Nouvelle d'Ingénierie), sur le thème 3 "Mémoire technique". Ce développement fait suite aux travaux menés dans le cadre du projet Sherpa et a été développé en collaboration avec l'action Exmo.

Il a été proposé de développer le concept de "mémoire logicielle", vue comme l'association d'une base de composants logiciels et de connaissances formelles et textuelles. La mémoire logicielle est ici considérée comme un cas particulier de mémoire technique, destinée, au delà de son intérêt intrinsèque, à expérimenter des méthodes et des outils génériques et donc adaptables à d'autres situations. Le problème spécifique est d'associer une base de connaissances de pilotage à une base de composants. Les travaux menés ici ont comme cadre applicatif le développement d'un système à base de connaissances pour assister un utilisateur aérodynamicien dans sa démarche de mise en place des scénarios pour l'exploitation de codes de calculs en aérodynamique choisis par l'intermédiaire d'un algorithme de classification. L'objectif est d'aider l'utilisateur à choisir un scénario dans un panel en fonction du problème qu'il doit traiter. La modélisation des connaissances s'effectue à l'aide du système AROM, les mécanismes d'inférences exploitant le langage algébrique et la classification. Une passerelle entre le système AROM et le formalisme UML permet d'intégrer les modélisations effectuées au sein de Dassault Aviation à partir du logiciel Rational Rose.

7.2 Astrid

Participants : Danielle Ziébelin, Ludovic Martin-Chefson, Philippe Genoud, Christophe Bruley, Jérôme Gensel, Daniel Bardou.

L'objectif du système est de caractériser un signal et d'en estimer ses structures spectrales sous forme d'attributs estimés pour chaque fréquence. Les attributs spectraux sont consti-

tués de valeurs numériques et symboliques. Les principaux domaines d'application sont les vibrations pour la surveillance des machines, l'acoustique pour la mesure de bruits propres et rayonnés des navires. Cette connaissance a été construite à partir de scénarios d'analyse de signaux réels fournis par les partenaires de l'opération EDF, Schneider Electric et le CTSN. Les processus d'analyse du signal sont de bons candidats pour l'utilisation d'un environnement de résolution de problèmes tel que développé par l'action Romans. En effet l'analyse d'un signal nécessite des décisions complexes et cela à différents niveaux d'abstraction. Un seul algorithme ne peut pas résoudre un problème et plusieurs étapes sont impliquées pour passer des données aux résultats finaux. La démarche mise au point par nos partenaires a permis d'explicitier et d'ordonner ces différentes étapes lors de l'analyse spectrale d'un signal. Leur formalisation à l'aide du modèle de tâches permet de les exploiter au travers d'une base de connaissances pilotant les algorithmes élémentaires disponibles pour l'analyse d'un signal donné. Une architecture a été mise en œuvre dans le cadre d'une maquette réalisée de façon conjointe entre les partenaires de l'opération.

8 Actions régionales, nationales et internationales

8.1 Actions nationales

8.1.1 Action "Gestion de modèles et de connaissances - Application à la ville" du programme CNRS "Modélisation et simulation numérique"

Participants : Camille Parisel, Michel Page.

L'action Romans et les géographes de l'équipe P.A.R.I.S (CNRS URA 1243) collaborent dans le cadre du projet CNRS "Modélisation et simulation numérique" sur l'analyse de la dynamique des systèmes de villes. Ce travail a pour objectifs d'étudier, d'adapter et d'expérimenter l'approche par composants dans le domaine de la construction, de la configuration et de l'interconnexion de modèles urbains. Ce processus de construction exploite des connaissances, à la fois sur le système analysé (les systèmes de villes) et sur les composants disponibles.

Un premier ensemble de composants urbains a été constitué. L'assemblage manuel de ces composants a permis de constituer différents modèles ayant donné lieu à des simulations qui sont en cours de validation. L'organisation de ces composants sous forme d'une bibliothèque devrait permettre l'assemblage automatisé des composants en vue de la construction de modèles.

8.1.2 Action bio-informatique CNRS-INRA-INRIA-INSERM

Participants : Danielle Ziébelin, Cécile Capponi.

Ce projet répondant à l'appel d'offre bio-informatique CNRS-INRA-INRIA-INSERM est prévu sur deux ans et concerne l'identification et l'analyse des systèmes biologiques intégrés. Un système intégré concerne l'ensemble des protéines nécessaires à la réalisation d'un processus biologique particulier. Chez les bactéries, un exemple important de système intégré est fourni par les protéines impliquées dans les échanges avec le milieu extérieur. Les gènes codant pour ces

protéines constituent des familles multigéniques dont la composition peut fournir de précieuses informations sur l'adaptation de l'organisme à son environnement. Si les premières étapes de l'annotation des génomes permettent généralement d'identifier les différents partenaires de ces systèmes, leur assemblage en un ensemble fonctionnel reste actuellement un domaine peu exploré au plan méthodologique. Notre objectif est d'aborder le problème de la reconstruction *in silico* et de l'analyse de ces systèmes. Dans ce but nous proposons d'intégrer, au sein d'un système informatique de représentation des connaissances, des capacités d'identification et de classification automatique des objets biologiques. Pour réaliser cet objectif nous proposons, au cours de ces deux années de développer une plate-forme permettant :

1. de tester différentes stratégies de reconstruction des systèmes biologiques et d'automatiser leur mise en œuvre ;
2. d'intégrer facilement de nouvelles connaissances tout en maintenant la cohérence de la représentation des données.

Ce projet nécessite trois types de compétences : en bio-informatique Laboratoire de Chimie Bactérienne de Marseille, en informatique Laboratoire d'informatique de Marseille et l'action Romans et en biologie le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Macromoléculaires de Marseille.

8.1.3 OFTA

Participante : Danielle Ziébelin.

L'observatoire Français des Techniques Avancées (OFTA) a créé un groupe de travail sur le thème "Architecture de logiciels et réutilisation de composants". L'objectif de ce groupe est d'estimer la situation actuelle en matière d'architectures logicielles et de proposer des recommandations concernant l'intégration et la réutilisation de composants. En effet, un phénomène majeur de ces dernières années semble bien être la généralisation des méthodes à objets qui se proposent de faciliter la réutilisation et l'assemblage de composants logiciels préfabriqués. Des bibliothèques de composants logiciels généraux (C++, Java Beans...) utilisés de manière générique dans des applications diverses sont maintenant disponibles. De plus, le développement d'Internet devrait accroître ce phénomène en internationalisant cette approche par composants logiciels réutilisables.

L'ambition de ce groupe de travail est de proposer des recommandations sur la modélisation formelle des architectures logicielles s'appuyant sur des composants réutilisables. Il vise également à proposer des conseils organisationnels sur les processus de développement des applications. Actuellement, le groupe de travail, après avoir réalisé une étude sur l'utilisation de composants dans des travaux de recherche universitaire et des applications industrielles, a rédigé un ouvrage collectif de synthèse faisant un état de l'art du domaine "Architecture de logiciels et réutilisation de composants" Arago 24, Editions TEC & DOC.

8.2 Actions européennes

Participants : Danielle Ziébelin, Christophe Bruley, Philippe Genoud, Véronique

Dupierris.

Dans le cadre des programmes européens INCO-COPERNICUS, l'action Romans est coordinateur du projet EMG-NET. Ce projet implique un consortium de quinze partenaires de onze nationalités différentes. Il s'agit d'un réseau de recherche s'ouvrant largement sur les pays d'Europe Centrale et Orientale. Il a pour but de développer une plate-forme composée d'un ensemble de modules d'aide à la décision qui sont basés sur du raisonnement à l'aide de cas. Une maquette de cette plate-forme a été réalisée. Elle contient notamment un serveur de cas. Ce serveur s'appuie principalement sur une base de 2000 cas jugés intéressants qui ont déjà été collectés au travers du projet, et en permet leur consultation par un navigateur Web. Une maquette de serveur de cas a été réalisée à l'aide de l'outil générique WEB-AROM développé au sein de l'action. Ce serveur permet la capitalisation du savoir-faire européen pour le traitement des maladies neuro-musculaires. Par ailleurs, une base d'ontologies a été élaborée dans le langage AROM à partir de la base de connaissances du système MYOSYS développé précédemment.

9 Diffusion de résultats

9.1 Animation de la communauté scientifique

- Organisation de journées de travail à l'UR Rhône-Alpes, réunissant des membres du projet Orion de Sophia-Antipolis, du projet Orpailleur du Loria, d'équipes de recherche du Lirmm, et des actions Exmo et Hélix, les 2 et 3 mars 2000.
- Daniel Bardou a été membre du comité de programme de la conférence "Rencontre des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle" (RJ CIA 2000) qui s'est déroulée du 11 au 13 septembre 2000 à Lyon.
- Danielle Ziébelin participe au groupe de travail de l'OFTA "Architecture de logiciels et réutilisation de composants".

9.2 Enseignement

Les membres permanents de l'action Romans sont des maîtres de conférences attachés à deux universités grenobloises, ils participent donc régulièrement à de nombreuses activités d'enseignement. Il est intéressant de relever qu'au cours de ces activités, le logiciel AROM a été utilisé, notamment dans le cadre de deux DESS "double compétence" (le DESS CCI de l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1 et le DESS DCISS de l'Université Pierre Mendès France, Grenoble 2), ainsi qu'en maîtrise MASS à l'UPMF, Grenoble 2.

9.3 Participation à des colloques, séminaires, invitations

- Tutoriel de Philippe Genoud et Danielle Ziébelin au Congrès IFCN (10th European congress of clinical neurophysiology IFCN) à Lyon, en août 2000.
- Séminaires TEC à la communauté européenne.

- Michel Page a présenté le travail de l'action Romans sur la modélisation en AROM des connaissances en biologie lors des journées du groupe de travail "Bases de données, interfaces et ontologies" de l'action IMPG (Informatique Mathématique Physique pour la Génomique), à l'université Paris 6, le 5 juin 2000.

10 Bibliographie

Ouvrages et articles de référence de l'équipe

- [1] H. DE JONG, M. PAGE, « Qualitative Simulation of Large and Complex Genetic Regulatory Systems », *in: European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2000)*, W. Horn (éditeur), IOS Press, p. 141–145, Berlin, Germany, août 2000.
- [2] S. MOISAN, D. ZIÉBELIN, « Résolution de problèmes en pilotages de programmes », *in: Actes Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA 2000)*, III, p. 387–396, Paris, France, février 2000.
- [3] M. PAGE, J. GENSEL, C. CAPPONI, C. BRULEY, P. GENOUD, D. ZIÉBELIN, « Représentation de connaissances au moyen de classes et d'associations: le système AROM », *in: Actes Langages et Modèles à Objets (LMO 2000)*, p. 91–106, Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada, janvier 2000.

Livres et monographies

- [4] G. AGRE, D. ZIÉBELIN, *Application of Advanced Information Technologies to Medicine, Proceedings of the First International Workshop, AAITM 2000*, Springer, Varna, Bulgaria, septembre 2000, Annexe de LNAI 1904.

Articles et chapitres de livre

- [5] H. DE JONG, M. PAGE, C. HERNANDEZ, H. GEISELMANN, S. MAZA, « Modeling and simulation of genetic regulatory networks », *ERCIM News 43*, 2000, p. 18–19.
- [6] H. RIVIÈRE-ROLLAND, L. TALOC, D. ZIÉBELIN, F. RECHENMANN, A. VIARI, « Modelling metabolism knowledge using objects and associations », *ERCIM News 43*, 2000, p. 21.
- [7] D. ZIÉBELIN, *Architecture de logiciels et réutilisation de composants, ARAGO*, 24, TEC & DOC, Paris, 2000, ch. xii Pilotage de programmes au moyen d'un système à base de connaissances.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [8] D. BARDOU, « Inheritance Hierarchy Automatic (Re)organization and Prototype-Based Languages », *in: Objects and classification: a natural convergence Workshop. 14th European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP 2000)*, Cannes, France, juin 2000.
- [9] C. CAPPONI, J. GENSEL, « Classification among classes and associations: the AROM's Approach », *in: Objects and classification: a natural convergence Workshop. 14th European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP 2000)*, Cannes, France, juin 2000.
- [10] C. CAPPONI, M. PAGE, E. BRAVAIS, M. ROUX-ROUQUIÉ, « GENINTER, a Database Dedicated to the Compilation of Interactions Among Genes and Gene Products », *in: Actes des Journées Ouvertes: Biologie, Informatique et Mathématiques (JOBIM)*, Montpellier, mai 2000.

- [11] H. DE JONG, M. PAGE, « Qualitative Simulation of Large and Complex Genetic Regulatory Systems », in : *European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2000)*, W. Horn (éditeur), IOS Press, p. 141–145, Berlin, Germany, août 2000.
- [12] H. DE JONG, M. PAGE, « Qualitative Simulation of Large and Complex Genetic Regulatory Systems », in : *Working Notes 14th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR 2000)*, J. Flores (éditeur), p. 32–39, Morélia, Mexico, juin 2000.
- [13] H. DE JONG, M. PAGE, « Simulation of Genetic Regulation Systems — a qualitative approach », in : *Poster ISMB 2000*, San Diego, California, USA, août 2000.
- [14] P. GENOUD, V. DUPIERRIS, M. PAGE, C. BRULEY, D. ZIÉBELIN, J. GENSEL, D. BARDOU, « From AROM, a new Object Based Knowledge Representation System, to WebAROM, a Knowledge Bases Server », in : *Workshop Application of Advanced Information Technologies to Medecine (AAITM), AIMS 2000*, Varna, Bulgarie, septembre 2000. ISBN 954-9958-05-1.
- [15] P. GENOUD, V. DUPIERRIS, D. ZIÉBELIN, « WebArom, a Knowledge Bases Server for WWW », in : *Séminaire : Systèmes distribués et Connaissances*, INRIA Sophia-Antipolis, novembre 2000.
- [16] S. MOISAN, D. ZIÉBELIN, « Résolution de problèmes en pilotages de programmes », in : *Actes Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA 2000)*, III, p. 387–396, Paris, France, février 2000.
- [17] M. PAGE, J. GENSEL, C. CAPPONI, C. BRULEY, P. GENOUD, D. ZIÉBELIN, « Représentation de connaissances au moyen de classes et d'associations : le système AROM », in : *Actes Langages et Modèles à Objets (LMO 2000)*, p. 91–106, Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada, janvier 2000.
- [18] M. PAGE, C. PARISEL, D. PUMAIN, L. SANDERS, « Knowledge-based simulation of settlement systems », in : *Computers and Environment and Urban Systems*, décembre 2000. à paraître.
- [19] M. PAGE, C. PARISEL, « Modélisation automatique dans les domaines faiblement formalisés », in : *Actes Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA 2000)*, II, p. 391–398, Paris, France, février 2000.
- [20] T. PARMENTIER, « Atelier de Résolution de Problème, spécifications d'un système de pilotage de programme », in : *Poster IC'2000*, Toulouse, France, 2000.
- [21] A. VILA, D. ZIÉBELIN, « From expert systems to www.diagnosis in ENMG », in : *10th European congress of clinical neurophysiology IFCN*, 2000.
- [22] D. ZIÉBELIN, A. VILA, « Building Knowledge Base in Electromyography through the world wide Web », in : *Workshop Application of Advanced Information Technologies to Medecine (AAITM), AIMS 2000*, Varna, Bulgaria, septembre 2000. ISBN 954-9958-05-1.

Rapports de recherche et publications internes

- [23] INRIA RHÔNE-ALPES, *Manuel Utilisateur de l'API du Noyau AROM, version 1.2*, Grenoble, France, décembre 2000, Rapport interne, 37 pages.
- [24] INRIA RHÔNE-ALPES, *WebAROM User's Manual, version 1.0*, Grenoble, France, août 2000, Rapport interne, 14 pages.

Divers

- [25] V. CHABANIS, *Conception d'un module de programmation par contraintes*, Mémoire, CNAM, 2000.
- [26] M. MAUME, *Pilotage de codes par l'intermédiaire d'une base de connaissances*, Mémoire, CNAM, 2000.