BULLETIN DE L'AFIA

afia

ASSOCIATION FRANCAISE POUR
L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

AVRIL 1997

N°29

Association Française pour l'Intelligence Artificielle

Présentation du bulletin

Le **Bulletin de l'AFIA** est le bulletin de l'**Association Française pour l'Intelligence Artificielle**. Il vise à fournir un cadre de discussion et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les compte-rendus de conférences, les notes de lecture, les articles de débat sont particulièrement recherchés. Le Bulletin de l'AFIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. De plus, les articles signés n'engagent que le point de vue de leurs auteurs.

Pour contacter l'AFIA

Jean-Marc DAVID (Président)
RENAULT Sce Innovation et Projets d'Inf. Avancée
service 12113, API QLG Q49 1 12
860 quai Stalingrad,
92109 Boulogne- Billancourt

Trésorerie
Adhésions,
Liens avec les adhérents
René QUINIOU
INRIA / IRISA
Campus de Beaulieu
35042 Rennes Cedex
e-mail : quiniou@irisa.fr

Parrainage de manifestations
Claudette SAYETTAT
Ecole des Mines
Centre SIMADE
158 cours Fauriel
42023 Saint Etienne Cedex 2

Personnes morales adhérentes à l'AFIA

AFCET, CEA-LIA, CNET PARIS, ELF-AQUITAINE, ELSEWARE, ENST-PARIS, FRAMATOME, GIST, INRETS, INRIA, INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, ITMI, LIRMM, LISI, MATRA-DEFENSE, NEUROAGENT DATAMIND, PEUGEOT S.A., RENAULT, SOLLAC, UNIVERSITÉ PARIS 9 DAUPHINE Bibliothèque.

Bureau de l'AFIA

Jean-Marc DAVID, président
René QUINIOU, trésorier
Serge DUPUY, secrétaire

Jean-Paul BARTHES, Bertrand BRAUNSCHWEIG, JeanCHARLET, Françoise FOGELMAN SOULIE, Catherine GARBAY, Philippe LAUBLET, Eunika MERCIER-LAURENT, Vincent RIALLE, Gérard SABAH, Christian de SAINTE-MARIE, Claudette SAYETTAT, Laurent SIKLOSSY, Hubert TERRIER, Brigitte TROUSSE, Manuel ZACKLAD

Comité de rédaction

Philippe LAUBLET
Rédacteur en chef
et rubrique livres
CAMS - Université Paris 4
96 boulevard Raspail, 75006 PARIS
laublet@laforia.ibp.fr

Monique BARON
«Sommaires des revues»
LAFORIA, case 169
Université Paris 6
4, Place Jussieu, 75232 Paris cedex O5
baron@laforia.ibp.fr

Jean CHARLET
rubrique «Annonces et
comptes rendus de conférences»
INSERM U194 - DIAM
91 boulevard de l'Hôpital
75634 Paris Cedex 13
charlet@biomath.jussieu.fr

Anne COLLINOT
rubrique «Débat»
LAFORIA, case 169
Université Paris 6
4, Place Jussieu, 75232 Paris cedex O5
collinot@laforia.ibp.fr

Alexis DROGOUL
LAFORIA, case 169
Université Paris 6
4, Place Jussieu, 75232 Paris cedex O5
drogoul@laforia.ibp.fr

Sylvain GIROUX
rubrique Québec
UER Science et Technologie
LICEF / Télé-université,
1001, rue Sherbrooke est, bureau 4232,
C.P. 670, Succ. C, Montréal, P.Q.,
Canada, H2L 4L5
sgiroux@teluq.uquebec.ca

Gilles KASSEL
rubriques «Présentation de laboratoires»
et «Présentation de sociétés»
Univ. Technologique de Compiègne
Centre de recherches
BP 529, 60205 Compiègne Cedex
gkassel@hds.univ-compiegne.fr

Bernard LE ROUX
rubrique «Résumés de thèses»
INGENIA, 52 Bd Rodin
92130 Issy les Moulineaux
leroux_b@ingenia.fr

afia
ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Réa. Prorata services - 01 45 35 94 14
Imp. Augustin Paris - 01 40.36.10.15

ISSN 1273-1323
Dépôt légal Janvier 1997

Dossier
Raisonnement temporel et spatial

coordonné par Jérôme Euzenat (INRIA Rhône-Alpes)
et Christian Bessière (LIRMM)

aidés de Robert Jeansoulin, Sylviane Schwer et Joël Révault

Représenter une situation temporelle ou spatiale, c'est d'abord placer des objets dans cet espace, par rapport à un repère ou entre eux (ce qui revient au même) ; c'est ensuite obtenir (calculer ou inférer) de nouvelles informations sur cette situation. Il y a de nombreuses applications à la représentation du temps et de l'espace :

- en planification où l'on construit une succession d'actions (dans le temps) afin d'atteindre un but ;
- en traitement du langage naturel (mais aussi dans d'autres activités où la perception intervient) lorsqu'il faut placer temporellement et spatialement les différents protagonistes et évènements d'un texte ou d'une scène ;
- dans la supervision d'un processus où des percepts arrivent dynamiquement et où il faut s'attendre à observer des évènements dans ce procédé ;
- lors de l'édition de documents multimédia afin d'établir la cohérence d'un document devant s'exécuter dans le temps (et aussi dans l'espace) ;
- pour l'aménagement de l'espace et les problèmes de placement en général ;
- en généralisation cartographique où une représentation précise du terrain, présente dans un système d'information géographique, doit être simplifiée et modifiée de manière à en faire une carte acceptable, c'est-à-dire respectant au mieux deux contraintes antagonistes d'être lisible et fidèle.

Les travaux sur le temps et l'espace sont le fruit de nombreuses recherches nécessaires à de nombreuses autres disciplines que l'intelligence artificielle qui apportent donc leur contribution à l'étude du temps et de l'espace :

- les bases de données que ce soit pour la conception de modèles de données temporelles et spatiales, dans les bases de données « contraintes » ou les systèmes d'information géographique (SIG) ;
- la logique mathématique dans l'étude des logiques temporelles ;
- la linguistique qui étudie les manifestations du temps et de l'espace dans le discours ;
- la spécification de logiciel pour la preuve de programmes qui s'exécutent dans le temps ;
- la recherche opérationnelle lorsqu'il faut établir des ordonnancements ou des placements ;
- la vision et le traitement d'image lorsqu'il s'agit de représenter de manière synthétique, de reconstruire ou de traiter une scène ou une succession de scènes ;

En intelligence artificielle, deux formalismes importants ont vu le jour : l'algèbre d'intervalles d'Allen introduite en 1983, le calcul des situations de John McCarthy puis le calcul des évènements de Robert Kowalski en 1986. Depuis, les travaux sur la représentation du temps et de l'espace ont toujours été très actifs. Comme le montre le nombre d'équipes dont les travaux suivent, cette préoccupation est présente au sein de nombreux projets d'intelligence artificielle, souvent de manière périphérique.

La première partie du dossier se veut une courte introduction aux bases à partir desquelles le temps et l'espace sont abordés en intelligence artificielle. Bien entendu elle ne prétend pas à l'exhaustivité. La présentation considère les aspects, classiques, des langages de représentation proposés et des méthodes de déduction définies sur ces langages.

Un langage de représentation

Que ce soit pour représenter le temps ou l'espace, il est nécessaire de se fixer un langage de représentation. Les différents espaces mathématiques (qui s'appliquent aussi au temps) mettent en avant différentes notions qui peuvent permettre de caractériser les positions des objets : la topologie procure les notions de connexité et d'inclusion, le vectoriel considère l'alignement, le métrique permet de mesurer des distances entre les objets. Ces notions sont très utiles mais ne peuvent être mises en œuvre telles quelles pour plusieurs raisons : on ne connaît pas forcément toute l'information sur les situations que l'on désire exprimer, le test de consistance d'une situation peut être très coûteux et on n'a pas toujours besoin d'une information aussi précise. C'est pourquoi, dans un contexte particulier, on se restreint souvent à des langages permettant d'exprimer les caractéristiques nécessaires et d'utiliser les algorithmes adéquats. C'est d'ailleurs le cas dans la vie courante où l'on indique son chemin à quelqu'un avec des informations vagues souvent topologiques (dans la cour) ou vectorielles (à gauche) plus rarement métriques (à 200 mètres, cette dernière information étant en général peu précise).
Il y a une grande latitude dans les formalismes de représentation possibles ; certaines alternatives qui président au choix de la représentation sont évoquées ici.

Quantitatif ou qualitatif

Des outils extrêmement élaborés ont été conçus pour la représentation du temps et de l'espace. La notion d'espace affine, avec ses dimensions, ses repères, ses métriques, peut sembler une bonne représentation des espaces temporels ou géographiques. On pourrait penser, par exemple, que pour représenter le temps, il suffit de tout dater ; pour l'espace, les coordonnées sont nécessaires, en bref il s'agit de mesurer. Ce n'est pas si simple car on peut connaître des évènements sans connaître leur date et vouloir cependant représenter le fait qu'ils ont eu lieu. Il est donc nécessaire de disposer de plus de souplesse dans la représentation spatiale ou temporelle.

Les deux approches, quantitative ou qualitative, s'opposent donc dans leur supposition de l'existence d'une mesure. À ces deux adjectifs on pourrait substituer grossièrement métrique qui s'oppose à topologique, quantitatif à qualitatif, numérique à symbolique et arithmétique à axiomatique.
Les règles du jeu dans un espace métrique sont connues : elles reposent sur les lois de l'arithmétique. Même lorsque les positions des objets ne sont pas connues avec certitude la manipulation des équations régissant leur positionnement est bien connue.
Les règles du jeu ne sont pas si répandues lorsque l'information est symbolique, c'est pourquoi les travaux de James Allen ont eu un tel succès : ils mettent à jour un ensemble de règles, que personne ne conteste, pour inférer des relations entre objets à partir d'autres relations. Un des champs de travaux les plus importants au sein de la représentation symbolique de l'espace consiste à chercher un système ayant un tel degré d'universalité. C'est pourquoi de nombreux travaux portent actuellement sur une représentation symbolique de l'espace (une approche méréologique — c'est-à-dire analysant les situations en terme de relations de tout à partie — étant privilégiée).
Ceci dit, le numérique et le symbolique font bon ménage dans un grand nombre de systèmes utilisés.

Éléments primitifs

Un second point important consiste à décider quels doivent être les éléments primitifs d'une représentation du temps ou de l'espace. En ce qui concerne le temps, la discussion tourne rapidement autour d'un élément sans durée, l'instant, assimilable à un point sur une droite, et d'un élément qui dure, l'intervalle, assimilable à un segment de droite. Ce schéma peut-être légèrement compliqué par l'utilisation de manière primitive des « intervalles généralisés » qui constituent des suites d'intervalles disjoints.
Ce point est beaucoup plus épineux en ce qui concerne l'espace. Si l'élément sans étendue reste unique : le point, l'élément étendu offre, dès que la seconde dimension est abordée, une palette insoupçonnée. Tout d'abord, il est imaginable de faire un simple produit cartésien des intervalles et l'on obtient alors des parallélépipèdes. Cette représentation ne semble pas très utilisable dans la vie de tous les jours mais elle est assez souvent utilisée comme une approximation d'éléments plus précis : c'est le cas des boîtes englobantes en graphique. Ces éléments ont cependant le défaut de n'être un ensemble stable que par intersection et de nécessiter un repère global fixant l'orientation (c'est d'ailleurs aussi le cas des intervalles).

Les travaux se sont donc tournés vers d'autres types d'éléments : les notions de géométrie classique (points, droites, plans, etc.) sont très peu considérées. Les polygones (définis par une suite de points) sont très utilisés dans le domaine géométrique ; ils sont souvent remplacés pour faire des calculs par des ensembles de triangles. La notion de simplexe dans une représentation topologique semble très prometteuse. Un simplexe est l'élément le plus simple possible dans une dimension particulière, ainsi l'élément de dimension 0 sera le point (ou nœud), celui de dimension 1 un segment (joignant deux points), en dimension 2 un triangle (joignant trois segments), en dimension 3 un tétraèdre (joignant quatre triangles)… La représentation de données spatiales topologiques peut être complètement exprimée à l'aide de ces simplexes. Par ailleurs, si certaines coordonnées sont connues, elles peuvent être prises en compte dans la représentation.

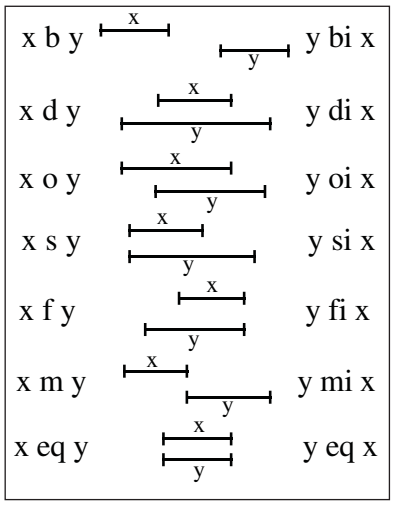
Exemple : algèbre d'intervalles

L'algèbre d'intervalles de Allen se fonde sur l'ensemble des relations effectivement possibles (exhaustives et exclusives) entre deux intervalles d'une même droite : < (ou *b* pour *before*), *m* (pour *meets*), *o* (pour *overlaps*), *s* (pour *starts*), *f* (pour *finishes*), *d* (pour *during*), >, *mi*, *oi*, *si*, *fi*, *di* (pour leurs inverses) et = (ou *eq*).

Non content d'énumérer ces 13 relations, James Allen a produit la table de composition de celles-ci, c'est-à-dire la table qui permet de déduire que si un premier intervalle en précède un second qui lui-même en contient un troisième, alors le premier précède le troisième.
Cependant, la connaissance des relations temporelles n'est pas toujours exacte (par exemple on peut savoir seulement que deux intervalles commencent en même temps, c'est-à-dire que leur relation est soit *s*, soit =, soit *si*). Par ailleurs, l'inférence de relations à partir d'autres relations connues, qui se fait par composition de relations, conduit à des relations disjonctives (par exemple, si un intervalle en rencontre un autre (*m*) qui en termine un troisième (*f*), il est seulement possible de déduire que le premier recouvre (*o*), commence (*s*) ou est pendant (*d*) le troisième. On est donc amené à considérer des disjonctions de relations entre deux intervalles et non pas de simples relations. Si le nombre de relations est de 13, le nombre de disjonctions différentes de relations est 2^{13} c'est-à-dire 8192.
On peut citer d'autres formalismes similaires à l'algèbre de Allen :

- l'algèbre de points (avec les seules relations <, = et >) ;
- l'algèbre RCC-8 (Region Connection Calculus, ou, du nom de ses auteurs, Randell, Cui et Cohn) entre des régions de l'espace, qui contient huit relations (disjoint, extérieurement tangent, recouvre partiellement, égal, inclus, est inclus dans, inclus tangentiellement, est inclus tangentiellement dans).

Ces deux formalismes de structure semblable à l'algèbre d'intervalles, peuvent être considérés comme des simplifications de celle-ci.



GdR CASSINI

Le GdR CASSINI, dirigé par Robert Jeansoulin, est le Groupe de Recherche n°1041 du CNRS (Sciences de l'Homme et de la Société, Sciences pour l'Ingénieur, PIR Villes) associé à l'Institut Géographique National. Il regroupe actuellement 70 chercheurs permanents et plus de 50 doctorants répartis dans une vingtaine d'équipes universitaires, CNRS, IGN, INRA, DGA, école des mines… Ses objectifs sont de :

- structurer les savoir-faire en matière de systèmes d'information géographique (SIG) pour en dégager des spécifications sur quelques thèmes identifiés ;
- déboucher sur des avancées significatives en matière de méthodes et d'outils de représentation et de traitement de l'information géographique ;
- mettre à l'épreuve les formalismes disponibles, évaluer et délimiter leurs capacités ;
- associer dans un réelle recherche interdisciplinaire, des géographes et des informaticiens, ce qui se traduit pour chaque proposition de recherche par l'association d'une recherche thématique avec une recherche technique ou formelle.

Les thèmes de recherche de la période 1993-96 étaient (1) SIG multidimensionnels, (2) SIG multi-échelles, (3) qualité et enrichissement, (4) images, raisonnement numérique et symbolique. Les thèmes en cours de renouvellement pour 1997-99 sont provisoirement (1) dynamique et qualité, (2) analyse et généralisation, (3) coopération et communication, (4) 3D, BD contraintes, SIG et linguistique, SIG et organisations.

Le GdR CASSINI anime le comité de rédaction de la *Revue internationale de géomatique*, maintient un site Web (http://www-cassini.univ-mrs.fr/) et organise régulièrement les Journées de la Recherche du GdR CASSINI (Lyon 1994, Marseille 1995, les prochaines auront lieu début 1998 à Montpellier) ainsi que des séminaires internationaux (le prochain sur la qualité de l'information géographique, « Data quality in GI », se tient en avril 1997 à Paris).

SPACENET

SPACENET est un réseau du programme Capital Humain et Mobilité de l'union européenne. Il mets en contact 11 principaux centres de recherche sur le raisonnement spatial qualitatif. Une centaine de chercheurs répartis dans 8 pays participent au réseau qui comprend : University of Leeds, Universität Hamburg, Universität Freiburg, Technische Universität München, Université Paul Sabatier (Toulouse), Université de Paris-Sud (Orsay), Università di Genova, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Technische Universität Wien, Universidad Jaume I (Castellon), FOA (Linköping).

La nature pluridisciplinaire du raisonnement spatial est reflétée par la collaboration d'équipes de recherche en informatique, intelligence artificielle, sciences cognitives, linguistique et systèmes d'information géographique. Les objectifs de SPACENET sont ceux d'un réseau d'excellence (intégrer la recherche existante, échanges entre partenaires, diffusion des résultats).

SPACENET organise une série de séminaires réguliers auxquels participent les chercheurs des sites du réseau ainsi que des chercheurs extérieurs et soutient des échanges bilatéraux entre membres du réseau. Un site SPACENET est accessible. Enfin, les membres du réseau sont activement impliqués dans la publication d'un livre de synthèse sur le sujet.

(http://agora.leeds.ac.uk/spacenet/spacenet.html)

Logiques temporelles

Si la manipulation du temps en intelligence artificielle est souvent une affaire de représentation symbolique — depuis les travaux de Prior puis Rescher —, il ne faut pas oublier qu'il y a des recherches très fructueuses en logiques temporelles, un thème partagé avec la preuve de programmes (principalement parallèles). Le temps en logique est représenté soit de manière explicite en utilisant une logique classique (c'est le cas des logiques réifiées où le temps est axiomatisé et manipulé explicitement), soit de manière implicite dans une logique modale temporelle (où les éléments évoqués plus haut se retrouvent dans les structures sémantiques associées aux systèmes logiques).

Dans les logiques temporelles, les modalités introduites ont souvent des interprétations de type « toujours vrai dans le futur » ou « vrai au moins une fois dans le passé ». L'intégration profonde de l'aspect temporel dans une logique permet d'exprimer des assertions extrêmement complexes intégrant l'aspect temporel et spatial (par exemple, $[t]p \rightarrow \langle s\rangle q$ peut signifier « si à tout moment dans le futur p est vrai alors il existe un endroit accessible où q est vrai »). Si l'on connaît principalement des logiques dont la structure temporelle relève d'une représentation symbolique du temps, il existe des logiques temporelles métriques, qu'elles soient discrètes ou continues.

Le calcul des situations est une logique où le temps est réifié sous la forme de situations. Situations et actions sont deux sortes particulières introduites dans la logique. Les actions y sont instantanées et permettent de débuter des situations particulières. Les situations sont représentées par des termes et le résultat d'une action a dans une situation s est représenté par $do(a,s)$. Les prédicats dont la valeur de vérité varie d'une situation à une autre (nommés fluents) sont indexés par les situations. Ainsi, $broken(x,do(fall(x),s))$ peut-il s'interpréter comme « x est cassé dans les situations résultant d'une chute de x ». Tout le problème d'une modélisation dans le calcul des situations consiste à axiomatiser comment les actions modifient les situations (et comment les situations peuvent être indifférentes aux actions).

Le calcul des évènements fait suite au calcul des situations. Il introduit la notion d'évènement dans le cadre de la programmation en logique. Ces évènements, ponctuels, déterminent le début et la fin de périodes pendant lesquelles certains faits sont vérifiés. Utiliser le calcul des évènements consiste donc à spécifier pour chaque type d'évènement les périodes dont il contrôle le début et celles dont il contrôle la fin.

Problèmes spécifiques

Au delà de ce premier classement, cer-

tains problèmes particuliers se posent pour les structures choisies dont on peut dire deux mots :

- l'irréversibilité du temps (le fait que l'on ne puisse remonter le temps) n'est pas très souvent discutée par les auteurs : on peut penser qu'elle n'intervient pas ;
- le problème de la persistance temporelle (qui peut être étendu à l'espace) introduit le raisonnement non monotone dans la représentation temporelle : on peut supposer qu'une observation dure tant qu'aucune observation contraire n'est faite ;
- la notion de temps arborescent (le fait que l'on puisse imaginer plusieurs futurs par exemple) est l'objet d'un certain nombre de travaux (en logique modale en particulier) ;
- la distinction entre espace discret et espace continu n'a pas été abordée dans cette brève présentation mais est au centre de certains travaux ;
- la limite des éléments primitifs choisis n'a pas toujours une identification claire que ce soit en ce qui concerne le temps (les intervalles sont-ils ouverts ou fermés?) ou l'espace ;
- les aspects connexité et convexité des éléments choisis posent beaucoup de problèmes en ce qui concerne la représentation de l'espace.

Déduction

La représentation d'une situation particulière dans un formalisme, choisi parmi ceux proposés plus haut, permet de stocker les informations dans la mémoire. Une capacité tout aussi importante consiste à tirer les conséquences de cette représentation. Elle peut être détectée comme contradictoire ou l'on peut en déduire une caractérisation plus précise de la position respective des entités. On va brièvement aborder ici les thèmes liés à la déduction.

Calculs de coordonnées

Dans le cadre numérique, l'inférence de position se caractérise par un calcul de date (absolue ou relative) ou un calcul de coordonnées pour un point. Ces calculs peuvent être flexibilisés par la substitution à la notion de date d'une notion de date au plus tôt/date au plus tard (difficile à rendre dans l'espace dès que l'on sort de figures géométriques simples ayant même orientation).

Lorsque l'aspect spatial intervient il peut être étendu à un calcul d'intersection de surfaces. Ces calculs numériques se résolvent en général par des techniques mathématiques classiques mais dont la complexité n'est pas indifférente. C'est le sujet de travaux dans les bases de données dites « à contraintes » où le choix du langage d'expression des équations est fortement contraint par leur expressivité.

Une approche multi-agents est par ailleurs adoptée dans un cadre d'optimisation numérique. Elle consiste à diviser l'espace en un ensemble d'agents réactifs. Chaque agent a un comportement autonome, mais il doit respecter des contraintes inter-agents et externes (relatives à l'espace). C'est le cas de la généralisation cartographique où chaque objet présent sur la carte est typé (comme une route, un édifice, etc.) et connaît ses voisins. Les objets sont des acteurs qui réagissent selon un modèle physique aux pressions extérieures (attraction de la part d'un espace vide, répulsion de la part d'un voisin essayant de se déplacer vers lui).

Ressources

On mentionne ici certaines ressources propres aux travaux en intelligence artificielle. Il existe bien entendu d'autres sources dans les domaines des bases de données, systèmes d'information géographique, planification, logique, etc.

Conférences spécialisées

Les principaux travaux concernant le sujet sont publiés dans les journaux et conférences généralistes d'intelligence artificielle. Il existe peu de manifestations spécifiques (voir d'ailleurs les publications données dans les présentations d'équipes). Cependant, depuis quelques années, des séminaires dédiés voient le jour :

- « Time » lié au Florida Artificial Intelligence Research Symposium (FLAIRS) en est à sa 4e édition
(http://www.cs.uregina.ca/~temporal/) ;
- Un « Spatial and temporal reasoning workshop » est organisé systématiquement en marge des conférences ECAI, AAAI et IJCAI par Frank Anger, Hans-Werner Güsgen et Gérard Ligozat.
- Les workshops interdisciplinaires « time, space and movement » sont organisés chaque année depuis 1989 par l'équipe LRC de l'IRIT (voir leur présentation) ;
- La « conference on spatial information theory » (COSIT, http://www.sis.pitt.edu/~cosit97) en est à sa troisième édition. Elle se concentre sur les bases formelles de la représentation de l'espace. Les actes sont généralement publiés dans la série « *Lecture notes in computer science* » ;

Groupes de travail

Outre le GdR CASSINI et le réseau d'excellence SPACENET qui font l'objet d'encadrés séparés, il existe un groupe du PRC-GDR intelligence artificielle nommé Kanéou (prononcez « Quand et où? » avec l'accent du midi, voilà vous y êtes). Il est animé par Christian Bessière et se réunit environ deux fois par an.

Bibliographies

Amithaba Mukerjee maintient une bibliographie concernant l'espace qui se trouve en :
http://www.cs.albany.edu/~amit/spatsites.html
Hans-Werner Güsgen, pour sa part, maintient une bibliographie sur la représentation du temps :
http://www.cs.auckland.ac.nz/~hans/spacetime
Jérôme Euzenat maintient une base de connaissance bibliographique plus ciblée concernant la granularité (qu'elle soit temporelle ou spatiale) :
http://hytropes.inrialpes.fr/stg.html

Inférence de relations

La déduction dans le cadre symbolique se place très souvent dans le cadre de la résolution de contraintes symboliques (CSP). Par exemple, le premier algorithme proposé par James Allen est un algorithme de fermeture transitive des relations connues par application de la table de composition : à chaque application on peut faire l'intersection du résultat avec les relations possibles déjà connues ce qui contribue à réduire l'ensemble de relations possibles entre deux intervalles. S'il ne reste qu'une relation, les positions respectives ont été caractérisées, mais s'il n'en reste plus, alors la situation décrite est inconsistante.

Les problèmes de complexité des CSP temporels ont été étudiés très tôt en intelligence artificielle. Ainsi, on sait que le test de satisfiabilité (la situation est-elle consistante?) dans l'algèbre de points est quadratique. L'algorithme de Allen permet d'établir la 3-consistance (ou consistance de chemin, c'est-à-dire de retirer des ensembles de relations toute relation qui entraînerait l'inconsistance entre trois intervalles — par exemple si un premier est avant un second qui est avant un troisième qui est avant le premier). On sait aussi que si cet algorithme est polynomial, il est incomplet et que le problème de satisfiabilité dans l'algèbre d'intervalles est NP-complet. Pour cela beaucoup de travaux se sont penchés sur les restrictions de l'algèbre d'intervalles permettant d'établir la consistance d'un ensemble de contraintes en temps polynomial. Cela a été prouvé pour les sous-ensembles des relations convexes (83 relations), pointisables (187 relations) et ORD-Horn (868 relations) dont on sait que c'est la plus grande classe polynomiale contenant les 13 relations initiales. Une tendance émergente dans les applications depuis quelques années est l'utilisation d'un mélange de contraintes numériques et symboliques. Pour cela on utilise le modèle (théoriquement numérique) des « Temporal CSP » dans lequel les contraintes symboliques sont traduites à l'aide d'intervalles mentionnant $\pm\infty$.

Il existe par ailleurs des travaux pour développer des démonstrateurs de théorèmes spécialisés pour les logiques modales.

Futur : les problèmes chauds

Les travaux menés dans la communauté française reflètent bien la diversité évoquée par ce qui précède. Avant de leur céder la place, quelques problèmes nous semblant très importants sont soulevés ici. Leur résolution permettra le développement d'applications plus difficiles qu'à l'heure actuelle.

Une représentation symbolique de l'espace

La recherche d'une représentation symbolique satisfaisante pour l'espace apparaît comme l'actuel Graal de toute une communauté. De nombreux travaux proposent des représentations qui vont bien au delà de RCC-8 par l'ajout de la notion d'orientation (qui peut à son tour être globale, c'est-à-dire par rapport à un repère, ou locale, par rapport à chaque objet), la notion d'enveloppe convexe (le fait qu'un objet en entoure un autre par exemple, RCC-15) ou la notion de « distance symbolique ». Nul ne sait si une telle représentation existe et peut être aussi élégante que l'est l'algèbre de Allen.

Peut-être sera-t-il préférable, en fonction de chaque classe d'application, d'opter pour l'une ou l'autre de ces propositions.

Classification langages-applications

Comme cela est déjà visible dans la recherche d'une représentation de l'espace, certains formalismes permettent une précision et des déductions que d'autres ne permettent pas. Par ailleurs, les langages les plus expressifs se heurtent à une complexité pas forcément compatible avec certaines applications. D'une manière générale, l'approche qui consiste à étudier à quelles applications sont adaptés quels langages et quels algorithmes semblent tout à fait appropriée à la situation actuelle. Il y a beaucoup de travaux d'expérimentation et d'évaluation à réaliser pour mener à bien un tel inventaire.

Comprendre les changements de représentation

Un dernier problème abordé sous des angles divers consiste à rendre compte des relations qui peuvent exister entre diverses représentations de la même situation. Le problème général relève de la fusion d'information. Mais un problème a priori plus simple consiste à transformer une représentation en une autre (on peut parler de synthèse d'information). Cela concerne la granularité où, lors de la transformation, certains éléments peuvent disparaître et il faut que la cohérence de la représentation subsiste et que l'on soit capable de retrouver la représentation initiale (parmi d'autres) si nécessaire. Cela concerne aussi la généralisation cartographique où la carte engendrée est une représentation adaptée à l'échelle et au support sur lequel elle doit être reproduite et non une simple translation (mise à l'échelle) d'une représentation initiale très précise.

Références

Hormis le livre [2], il existe peu de travaux de synthèse sur le sujet.

[1] James Allen, « Maintaining knowledge about temporal intervals », *Communications of the ACM* 26(11):832-843, 1983

[2] Hélène Bestougeff, Gérard Ligozat, « Outils logiques pour le traitement du temps », Masson, Paris (FR), 1989

[3] Robert Kowalski, Marek Sergot, « A logic-based calculus of events », *New generation computing* 4(1):67-95, 1986

[4] Gérard Ligozat, « On generalized interval calculi », Proc. 9th AAAI, Anaheim (CA US), pp234-243, 1991

[5] Bernhard Nebel, Hans-Jürgen Burckert, « Reasoning about temporal relations: a maximal tractable subclass of Allen's interval algebra », *Journal of the ACM* 42(1):43-66, 1995

[6] Arthur Prior, « Past, present and future », Oxford university press, Oxford (UK), 1967

[7] David Randell, Zhan Cui, Anthony Cohn, « A spatial logic based on regions and connection », Proc. 3rd KR, Cambridge (MA US), pp165-176, 1992

[8] Nicholas Rescher, Alasdair Urquhart, « Temporal logic », Springer-Verlag, Berlin, 1971

[9] Johan Van Benthem, « The logic of time », Reidel, Dordrecht (NL), 1983 (rééd. Kluwer, Dordrecht (NL), 1991)

[10] Marc Vilain, Henry Kautz, « Constraint propagation algorithms for temporal reasoning », Proc. 5th AAAI, Philadelphia (PA US), pp377-479, 1986

Liste des équipes présentées

CAMS (LaLIC), Paris

CEMAGREF (ETNA), Grenoble

CRIL, Lens

CRIN-INRIA (SYCO/RFIA), Nancy

DIAM, Paris

GREYC, Caen

HEUDYASIC, Compiègne

INRA (IAB), Nancy

INRIA (AID), Sophia-Antipolis

INRIA (OPERA), Montbonnot

INRIA (Sherpa), Montbonnot

IRIN (Intelligence artificielle), Nantes

IRIT (LRC), Toulouse

IRIT (RDMP), Toulouse

LAAS (RIA), Toulouse

LAMA (SIG), Grenoble

Leibniz (MAGMA), Grenoble

LIA, Chambéry

LIM (Logique), Marseille

LIMI, Brest

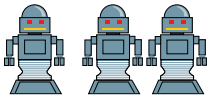
LIMSI (RITES), Orsay

LIPN, Villetaneuse

LIRMM (Contraintes), Montpellier

LSR (PLIAGE), Grenoble

SIMADE (DIE), Saint-Étienne



CAMS — LALIC

Centre d'Analyse et de Mathématiques Sociales
Équipe Langage, Logique, Informatique et Cognition
96, boulevard Raspail, 75006 Paris
responsable : J.-P. Desclés
(descles@cams.msh-paris.fr)
Tél. : 01 44 39 89 50
http://www.ehess.fr/centres/cams/index.html

Les raisonnements spatio-temporels que l'on cherche à mettre en œuvre se situent au niveau cognitif appréhendé à partir de manifestations textuelles.

Raisonnement spatio-temporel dans la tâche de compréhension automatique d'un texte

Dans le modèle de la Grammaire Applicative et Cognitive, le raisonnement spatio-temporel est envisagé à partir des représentations formelles qui décrivent la composante spatio-temporelle du sens d'un texte. Ces représentations sont élaborées à partir des informations provenant du lexique verbal, des prépositions et des expressions grammaticales aspecto-temporelles (morphèmes de temps, adverbes, ...). Elles sont ensuite intégrées dans une représentation sémantico-cognitive globale du texte. A ce stade de l'analyse, les raisonnements, qui visent à rendre compte de l'articulation d'un temps lexical à un temps grammatical, se fondent sur des connaissances exclusivement linguistiques.

Représentations sémantico-cognitives des verbes de mouvement et des prépositions spatiales

Le raisonnement spatial est envisagé sous l'angle de l'extraction (par exploration contextuelle) puis de l'organisation des relations statiques (localisations) et cinématiques dans un texte. Cela nécessite de représenter et de composer la signification des items verbaux et des prépositions dans un langage formel implémentable. La signification des verbes de mouvement est représentée par des *schèmes sémantico-cognitifs* qui décrivent les situations saillantes d'un mouvement ou d'un changement. Chaque situation saillante est constituée par un ensemble de relations de repérage et d'orientation par rapport à des lieux qui peuvent être spécifiés par des opérateurs topologiques (intérieur, extérieur, bord, ...).

Modélisation du temps et de l'aspect dans les langues

L'analyse aspecto-temporelle d'un texte prend appui sur la distinction entre les valeurs aspectuelles d'état, d'événement, et de processus, représentées par des intervalles d'instants ayant des propriétés topologiques différentes. L'aspect renvoie à une certaine visualisation de la relation prédicative par l'énonciateur. La dimension purement temporelle d'un texte se décompose en intervalles mis en relation. Les relations prédicatives sont alors repérées par des coordonnées temporelles ; elles sont "vraies" sur certaines zones temporelles et "fausses" ailleurs. Les raisonnements aspecto-temporels s'expriment dans un langage d'intervalles topologiques.

Applications

Le modèle aspecto-temporel a donné lieu à l'élaboration du système SECAT (système d'exploration contextuelle) qui détermine les valeurs aspecto-temporelles associées à des occurrences de verbes. Ce système est utilisé à des fins pédagogiques à l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP). Le système SEEK extrait les relations statiques d'un texte et les organise dans un réseau conceptuel.

Nous développons actuellement, au travers de thèses articulées entre elles, un système automatique de compréhension de textes (constats d'accidents) donnant une interprétation de ceux-ci sous forme d'images. Le système se compose de deux modules, le premier étant un module d'analyse linguistique construisant une représentation sémantico-cognitive globale du texte. Un second module d'inférences guidé par des connaissances extra-linguistiques, complète la représentation sémantico-cognitive du texte afin d'en permettre une interprétation totalement spécifiée dans un modèle qualitatif du "monde de la route". La génération des images consiste alors en la visualisation, par l'intermédiaire de conventions de représentations graphiques, des états successifs associés aux différentes phases du texte.

Bibliographie
[1] M. Abraham, « Analyse sémantico-cognitive des verbes de mouvement et d'activité, Contribution méthodologique à la constitution d'un dictionnaire informatique des verbes », Thèse de Doctorat, EHESS, Paris, 1995
[2] D. Battistelli, « Articulation des représentations cognitives produites par le temps linguistique et le lexique verbal dans un texte», In : Actes JST'97, Avignon, 15-16 Avril 1997
[3] J. Berri, D. Maire-Reppert, H.G. Oh, « Analyse de textes par exploration contextuelle : Applications aux Problèmes des temps et à l'extraction des connaissances », Proceedings of ECCOS-92, pp193-210, Orsay, 1992
[4] J.-P. Desclés, Z. Guentcheva, « Construction formelle de la catégorie grammaticale du temps et de l'aspect », In : J. David, R. Martin (éds.), Klincksieck, Paris, pp198-237, 1980
[5] J.-P. Desclés, « Langages applicatifs, Langues Naturelles et Cognition », Hermès, Paris, 1990
[6] J.-P. Desclés, Z. Guentcheva, " Construction formelle de la catégorie grammaticale du temps et de l'aspect. " in J. David et R. Martin (éditeurs), Klincksieck, Paris, pp. 198-237, 1980.
[7] V. Flageul, « Description sémantico-cognitive des prépositions spatiales du français », Thèse de Doctorat, Université Paris IV-Sorbonne, 1997 à soutenir
[8] C. Jouis, « Contributions à la Conceptualisation et à la Modélisation des connaissances à partir d'une analyse linguistique de textes », Thèse de Doctorat, EHESS, Paris, 1993
[9] D. Maire-Reppert, « Les temps de l'indicatif du français en vue d'un traitement informatique : imparfait », Thèse de Doctorat, EHESS, Paris, 1991
[10] H.G. Oh, « Les temps de l'indicatif du français en vue d'un traitement informatique : passé composé », Thèse de Doctorat, EHESS, Paris, 1991
[11] R. Sakagami, Fonctionnement de quelques connecteurs temporels en français - représentation de relations aspecto-temporelles inter-propositionnelles en vue d'un traitement informatique, Thèse de Doctorat, Université Paris IV-Sorbonne, Mars 1997.
[12] C. Valliez, « Éléments pour une architecture de transcription texte-image », Rapport interne CAMS, 65p, 1994

CEMAGREF — DIVISION ETNA

Érosions Torrentielles,
Neige et Avalanches
BP 76, 2 rue de la papéterie,
38402 Saint Martin d'Hères
http://www.grenoble.cemagref.fr
contact : Vincent Cligniez
Tél. : 04 76 76 27 27 —
Fax : 04 76 51 38 03

Représentation spatiale pour l'étude des risques naturels

La prise en compte des phénomènes qui interviennent dans le domaine de l'environnement devient aujourd'hui une préoccupation majeure. Risques naturels et industriels, pollution, évolution des paysages, sauvegarde des espèces... autant de problèmes dont la résolution passe par une bonne appréhension de phénomènes ou de processus physiques ou biologiques à l'œuvre dans notre environnement.

L'application des modèles de simulations se heurte au problème de représentation de l'espace. En effet, les phénomènes à prendre en compte se déroulent généralement dans un espace naturel complexe. Obtenir une bonne représentation de l'espace se révèle donc nécessaire. Pour cela, on dispose de données brutes, comme les cartes, les photos, les fichiers de courbes de niveau. Des données interprétées sont également nécessaires, comme les arêtes, les thalwegs, les types de végétation. Tout cela doit être mis en forme afin de pouvoir appliquer les modèles de simulations.

Dans le domaine des avalanches, différents phénomènes interviennent : chute de neige, transport de neige par le vent, transformation du manteau neigeux, dynamique des écoulements sont autant de paramètres qu'il faut modéliser pour obtenir une étude précise des avalanches. Le projet ELSA (Étude des Limites de Sites Avalancheux) a été développé dans ce sens, afin de réaliser une intégration des différents modèles existants au sein d'un système à base de connaissances [1].

Généralisation des problèmes de représentation de l'espace

Un outil générique d'aide à la représentation du terrain naturel est en cours d'étude actuellement. Il s'appuie sur des applications existantes dédiées à différents risques naturels comme les avalanches, les glissements de terrain, les chutes de blocs, les incendies de forêts. Il s'intègre dans une optique d'environnement de résolution de problème, proposant des représentations de l'espace adaptables pour toutes sortes d'utilisations : modélisation numérique, cartographie historique, modélisation symbolique, études statistiques. Ce projet, baptisé ARSEN (Aide à la Représentation Spatiale pour l'ENvironnement), est mené en commun entre la Division ETNA du Cemagref de Grenoble et l'École Nationale des Travaux Publics de l'État [2, 3]. De manière pratique, le projet ARSEN propose un noyau spécialisable d'objets et de méthodes. Les données spatiales étant réparties en 3 couches : une couche utilisateur pour les données en entrée, une couche vectorielle topologique calculée par extraction des polygones de la précédente, et une couche géométrique dans laquelle une triangulation du site est réalisée.

Développements

ELSA a été développé sur Station Sun en Lisp, avec les outils de la Société Ilog. La base de connaissances a été développée avec Shirka, sur-couche Lisp orientée objets avec TMS, de l'INRIA.

Après un premier prototype développé en LISP en 1994 avec les outils de la Société Ilog, le projet ARSEN a été développé de nouveau en 1996 en C++ sous Windows 95, avec les outils Borland. Il est actuellement en phase de finition/tests. Deux applications à des modèles d'avalanches et de chutes de pierres sont à l'étude pour 1997.

Bibliographie
[1] L. Buisson, « Le raisonnement spatial dans les systèmes à base de connaissances. Application à l'analyse de sites d'avalanches », Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 1990
[2] L. Buisson, V. Cligniez, « Bases de connaissances pour l'environnement : le projet ARSEN », *Revue internationale de géomatique* 4(3-4), 1994
[3] L. Buisson, V. Cligniez, « Spatial Knowledge Base for Natural Hazards Protection : the ARSEN project », *Safety Science*, special issues TIEMES, 20, 1995

CRIL

Centre de Recherche
en Informatique de Lens,
IUT de Lens
Rue de l'université, SP 16
62307 Lens Cedex
contact : Maroua Bouzid
(bouzid@cril.univ-artois.fr)

participants : Maroua Bouzid, Pierre Marquis avec la collaboration de Peter Ladkin et Antoni Ligeza.
La plupart de ces travaux ont été réalisés au CRIN-CNRS et INRIA-Lorraine alors que Maroua Bouzid était doctorante dans l'équipe RFIA.

Notre intérêt porte sur la modélisation du raisonnement temporel et sa mise en œuvre. Nous avons choisi d'être expressif : notre travail se situe dans la continuité des recherches visant à modéliser le raisonnement temporel à l'aide de formalisme logique. Concernant sa réalisation, nous proposons d'utiliser entre autre un système de type ATMS.

Approche fondée sur les unions d'intervalles convexes
La logique temporelle que nous utilisons est une logique typée manipulant des objets non temporels et des objets temporels. Concernant les objets non temporels, nous nous sommes particulièrement intéressés aux propositions non réflexives temporellement. Intuitivement, une proposition non réflexive temporellement est exprimée en langage naturel dans le présent sans aucun autre adjectif faisant référence au temps. Par ailleurs, nous estimons que pour une meilleure appréhension du temps, il est nécessaire de le représenter adéquatement. Nous faisons la proposition de représenter le temps à l'aide d'unions d'intervalles convexes dont on propose une implantation dans le système TUS de Ladkin. Les principes de raisonnement sont exprimés dans une logique temporelle réifiée puis traduits dans une logique temporelle non réifiée. Un résultat intéressant auquel nous sommes arrivés est : la logique réifiée est plus expressive dans notre cas que la logique non réifiée.

Application dans un système de maintien de vérité
Le but de cette application est d'offrir un environnement permettant la prise en compte explicite du temps tout en raisonnant sur des hypothèses. Plus précisément, notre objectif est de réaliser un système de maintien de vérité temporel de type ATMS. Pour ce faire, nous établissons les bases formelles d'un système de type ATMS et démontrons comment elles peuvent être étendues hors du cadre propositionnel classique. Cette démarche est utilisée pour étendre un ATMS à la composante temporelle représentée à l'aide d'intervalles. En particulier, nous proposons un algorithme de mise à jour d'un ATMS dans une logique temporelle à base d'union d'intervalles convexes.

Approche fondée sur les fonctions caractéristiques
Dans cette approche, on associe à une proposition temporellement non réflexive une fonction caractérisant son évolution dans le temps. Une fonction caractéristique a la forme ψ_p : D→L, où D est le domaine temporel et L un ensemble de valeurs exprimant à quel degré la propriété p est satisfaite pour un élément de D. Cette représentation conduit à un langage puissant et possédant un fort niveau d'expressivité. Les objets obtenus sont « compacts » et vu l'aspect fonctionnel de la représentation, l'ordre des intervalles durant lesquels une propriété est vraie/fausse est implicitement respecté. Signalons également que cette approche, contrairement à d'autres, permet de ramener certains aspects du raisonnement logique à des opérations algébriques simples. Enfin, l'extension du langage à une logique multi-valuée semble directe.

Réseaux causaux temporels pour la simulation et le diagnostic
Notre idée consiste à intégrer la composante temporelle dans un réseau causal de type AND/OR/NOT. À chaque nœud/symptôme du réseau causal on associe une fonction caractéristique décrivant son évolution dans le temps. La propagation de l'information temporelle au sein du réseau est réalisée à l'aide d'un algorithme dynamique tenant compte de l'évolution du monde. Ce dernier procède en deux phases. Une phase principale consistant à propager les informations temporelles connues à un instant donné. La seconde phase consiste à mettre à jour le réseau causal temporel dès qu'un changement significatif se produit dans le monde. Cette approche s'applique aussi bien aux problèmes de diagnostic qu'aux problèmes de simulation de systèmes dynamiques.

Bibliographie
[1] M. Bouzid, F. Charpillet, P. Marquis and J.-P. Haton, « Assumption-based Truth Maintenance in presence of temporal assertion », In Proceedings of 6th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, pp492-498, 1994
[2] M. Bouzid and P. Ladkin, « Simple Reasoning with Time-dependent Proposition », *International Journal of Interest Group in Pure and Applied Logic* (IGPL), 1995. To appear
[3] M. Bouzid and A. Ligeza, « Temporal Logic based on Characteristic Functions » In C. Rolliger, I. Wachsmuth and W. Brauer, editor, « Advances in Artificial Intelligence », 19th Annual German Conference on Artificial Intelligence, *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 981:221-232, 1995
[4] M. Bouzid and A. Ligeza, « Temporal Causal Networks for Simulation and Diagnosis », In proceedings of the second IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, ICECCS'96, pp458-465, 1996

CRIN-CNRS ET INRIA LORRAINE — ÉQUIPE RFIA/PROJET SYCO

BP 239, 54506 Vandœuvre lès Nancy Cedex,
contact : François Charpillet
(charp@loria.fr)
Tél. : 03 83 59 20 81,

participants : M. Bouzid, F. Charpillet, J.-M. Gallone, J.-P. Haton, C. Loesel, J.-F. Mari, P. Marquis, M. Mouhoub

Nos travaux sur le raisonnement temporel portent sur la définition de modèles de représentation et de raisonnement que ce soit pour traiter des problèmes purement symboliques ou des pro-

blèmes mixtes numériques et symboliques. Pour cela les techniques que nous développons relèvent d'approches complémentaires comme la propagation de contraintes, la logique, les réseaux neuromimétiques, ou encore les modèles de Markov pour la modélisation de séquences temporelles.

Propagation de contraintes
Dans l'approche par propagation de contraintes, nous étudions une extension de l'algèbre des intervalles d'Allen qui permet de représenter à la fois des informations numériques et symboliques. Pour exploiter la représentation du temps définie dans notre modèle TemPro, nous avons mené une étude comparative exhaustive des algorithmes de consistance d'arc et de consistance de chemin actuellement connus. Ceux-ci ont été adaptés au problème spécifique de la résolution de contraintes temporelles. Nous en avons déduit une stratégie optimale d'utilisation de ces algorithmes en fonction du type de problème posé.

Approche logique
Une approche fondée sur une logique temporelle réifiée restreinte à des propositions temporelles non réflexives temporellement qualifiées sur des unions d'intervalles convexes a été proposée. Une autre logique réifiée a été définie dans laquelle le temps est représenté à l'aide des fonctions caractéristiques, c'est-à-dire des fonctions logiques. Citons enfin, le travail lié à l'intégration du temps dans un réseau causal.
Ces travaux sont issus du travail de Maroua Bouzid alors qu'elle était doctorante dans notre équipe. Une description plus approfondie en est faite dans la présentation du CRIL.

Extensions temporelles d'un système de maintien de vérité
Nous nous sommes également intéressés dans le cadre des systèmes de maintien de vérité fondé sur les hypothèses (ATMS) à des langages de représentation (forme des justifications) plus puissants que ceux habituellement utilisés. Pour cela, nous avons établi les bases formelles d'un ATMS standard et démontré comment elles pouvaient être étendues hors du cadre propositionnel. Ainsi la notion de minimalité en terme d'inclusion ensembliste a été reformulée en terme de conséquence logique minimale d'un ensemble d'hypothèses. Cette base formelle a permis de réviser dans un cadre logique les extensions temporelles et qualitatives développées dans l'équipe ces dernières années.

Réseaux neuromimétiques
Sur un modèle de représentation similaire à celui de TemPro, nous avons défini une méthode de compilation des contraintes temporelles sous forme d'un réseau de neurones récurrent inspiré du modèle de Hopfield. Le fonctionnement de ce réseau permet la résolution de contraintes temporelles en les exprimant par un ensemble de contraintes booléennes dont Tagliarini et Christ ont montré qu'elles pouvaient s'écrire sous forme d'une fonction d'énergie dont le minimum est atteint pour une solution satisfaisant toutes les contraintes. Cette méthode d'optimisation a été choisie dans l'optique d'une exploitation temps réel du système développé. L'approche développée conçoit que, face à un problème donné, on recherche non pas la meilleure réponse dans l'absolu, mais la meilleure réponse possible dans le temps imparti.

Modèles de Markov
Un autre centre d'intérêt de notre équipe est constitué par le problème de la catégorisation de données temporelles. Ce travail cherche à étendre les méthodes que nous avons développées pour la catégorisation de signaux qui reposent sur une modélisation stochastique des données (modèles de Markov cachés du premier et du second ordre, modèles de trajectoires).

Bibliographie
[1] J.-M. Gallone, F. Charpillet, « Hopfield Neural Network for Scheduling non Preemptive Tasks », Proc. of 12th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96). Budapest, 1996
[2] M. Mouhoub, F. Charpillet, J.-P. Haton, « Comparison of Constraint propagation techniques for Interval-based temporal Reasoning », Proc. AAAI-96 Workshop on Spatial and Temporal Reasoning, 1996
[3] M. Bouzid, A. Ligeza, « Temporal causal networks for simulation and diagnosis », In : proceeding of second IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, pp458-465, Montréal, 1996
[4] M. Bouzid, P. Ladkin, « Simple Reasoning With Time-Dependent Propositions », To appear in the *Journal of the IGPL*
[5] J.-F. Mari, « Perception de signaux complexes et interaction homme-machine », Habilitation à diriger des recherches, Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1996

DIAM

Département d'Intelligence Artificielle et Médecine,
Service d'Informatique Médicale,
91 bd de l'Hôpital,
75634 Paris Cedex 13
contacts : Brigitte Séroussi, Vincent Morice ({bs,vm}@biomath.jussieu.fr)

participants : Bruno Bachimont, Jean-François Boisvieux, Jacques Bouaud, Jean Charlet, Vincent Morice, Brigitte Séroussi, Pierre Zweigenbaum

L'objectif de recherche du DIAM est la modélisation de l'activité médicale, concrétisée et donc évaluée dans des prototypes de systèmes d'assistance à l'activité clinique. Les applications privilégiées de ces systèmes sont l'aide à la gestion de l'information médicale et l'aide à la prescription médicale. Dans ce cadre, les principaux axes de recherche sont :
• la modélisation et la représentation des concepts médicaux ;
• la terminologie médicale ;
• les modèles formels de représentation et les algorithmes associés.
Le système SEPIA, système d'aide au suivi de patients hospitalisés en hémato-cancérologie pour chimiothérapie, a été élaboré dans ce dernier domaine. Les patients entrent dans le cadre de protocoles qui se définissent comme des associations standardisées (séquences possiblement conditionnelles et/ou cycliques) de prescriptions

d'antimitotiques. Mais la toxicité des drogues qui leur sont administrées les exposent à des effets secondaires. À partir des résultats d'examens qui parviennent au système, une évaluation dynamique de l'état du patient permet de générer des prescriptions supplémentaires (de nature diagnostique, thérapeutique ou de surveillance) qui viennent modifier le plan de soins établi a priori par le protocole. Le plan de soins se trouve ainsi être constitué d'actions initialement exprimées à un niveau générique, qui peuvent être simples (« prendre la température »), conditionnelles (« faire une hémoculture si la température est supérieure à 38.5° »), répétitives (« faire un hémogramme tous les 2 jours »), séquentielles (« faire un bilan initial, puis entamer la chimiothérapie, puis... »), etc. Elles ont alors le statut de prescriptions proposées. L'instanciation temporelle des prescriptions proposées les transforment en prescriptions exécutables dont les dates absolues d'exécution sont calculées. La représentation sous jacente du temps est analogue à celle proposée par McDermott : elle s'appuie sur un passé linéaire, unique, dans lequel les événements sont totalement ordonnés par leur date absolue, les événements mémorisés concernant les actions réalisées (issues des prescriptions et/ou des protocoles) et les valeurs mesurées ou inférées (paramètres, variables d'état) auxquelles un langage spécifique permet d'accéder. Au contraire, le futur est arborescent, ouvert, et permet de décrire le plan d'actions. Les événements sont partiellement ordonnés à l'aide de dates relatives à d'autres événements qui peuvent ou non se produire (comme le déclenchement d'un sous-protocole) et imprécises. Certaines échelles de temps relatives ont été prédéfinies pour permettre une simplification des écritures temporelles dans le langage de représentation des connaissances. Par exemple « faire action à 10h, 3 jours après le début du protocole » se traduit par « faire action à J3, 10h ». Enfin, l'instant présent joue un rôle particulier. Frontière dynamique entre le passé qui recule et le futur qui avance, il constitue la base du fonctionnement du système et varie grâce à une horloge interne.

Bibliographie

[1] B. Séroussi, V. Morice, F. Dreyfus, J.-F. Boisvieux, « Real Time Monitoring in the Control Theory Paradigm », 19th Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care, New Orleans, 1995

[2] B. Séroussi, V. Morice, F. Dreyfus, J.-F. Boisvieux, « Control theory as a conceptual framework for intensive care monitoring », *Artificial Intelligence in Medicine* 7:155-177, 1995

[3] V. Morice, B. Séroussi, J.-F. Boisvieux, « A real time control architecture for continuously managing patients in a care unit », *Methods of Information in Medicine* 34:475-88, 1995

GREYC

Groupe de Recherche en Informatique, Image, Instrumentation de Caen,
Université de Caen -
CNRS URA 1526,
Esplanade de la paix, 14032 Caen Cedex
http://www.info.unicaen.fr/~becher
Gérard Becher, Françoise Clérin-Debart, Patrice Enjalbert
email : {becher,debart,patrice}@info.unicaen.fr

Une classe de logiques temporelles à base d'intervalles généralisés

Le sujet de recherche du groupe concerne le raisonnement automatique dans des logiques temporelles d'intervalles. Dans ce cadre, nous nous sommes attachés à définir tout d'abord un langage de représentation (une logique temporelle) qui répondait à nos exigences ainsi qu'une méthode de preuve dans ce langage.

De manière à privilégier une certaine concision dans la représentation des connaissances, nous avons opté pour une logique modale du premier ordre inspirée des travaux de Halpern et Shoham [5] dans le cadre propositionnel. Le langage originel, décrit dans la thèse de G. Becher [1], a ensuite été étendu de manière à obtenir une classe de langages paramétrés par la nature des intervalles temporels sous-jacents.

L'originalité de ces langages réside dans le fait que les mondes possibles sont ici des intervalles généralisés tels que les a définis G. Ligozat [6,7]. Un tel intervalle ne se limite pas à un intervalle convexe dans le sens classique du terme, mais peut être aussi bien un point temporel qu'une réunion d'intervalles convexes disjoints. Les différentes relations entre ces intervalles généralisés constituent toujours une algèbre de relations dont le choix détermine les opérateurs modaux du langage ainsi que la nature des intervalles sous-jacents.

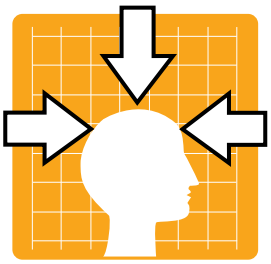
La preuve automatique dans ces langages passe, à notre sens, par leur traduction dans un langage non modal du premier ordre afin de pouvoir bénéficier des méthodes éprouvées existant dans ce cadre.

Plusieurs fonctions de traduction sont possibles selon que l'on veuille obtenir une logique cible typée ou une logique contrainte. Dans le premier cas, une adaptation de la méthode des connexions équationnelles (J. Gallier, W. Bibel), destinée primitivement au raisonnement avec égalité, au cas particulier d'une preuve à conduire dans le cadre de la théorie de l'ordre linéaire a été réalisée par G. Becher sous le nom de méthode des connexions cycliques [2]. Dans le second cas, nous cherchons actuellement à adapter les techniques de résolution contrainte de H.-J. Bürckert pour traiter le cas où les contraintes sont des contraintes d'égalité ou des contraintes d'ordre.

L'usage des intervalles généralisés confère certes une expressivité intéressante aux langages que nous décrivons. Cette expressivité reste cependant insuffisante pour rendre compte du phénomène de granularité du temps : une même référence temporelle (une date par exemple) peut être considérée tantôt comme ponctuelle ou comme un intervalle d'une durée non négligeable. Ainsi, lorsqu'on affirme que la guerre éclata en 1939, l'année 1939 apparaît comme un point temporel. Mais lorsqu'on rajoute que cet été-là il faisait très beau, la même référence est devenue un intervalle comportant lui-même des sous-intervalles. Ce phénomène de granularité n'est pas propre au temps, puisqu'on retrouve peu ou prou les mêmes possibilités de dilatation en considérant l'espace. Nous essayons actuellement de capturer ce phénomène en abandonnant la représentation clas-

sique du temps comme un ensemble dense linéairement ordonné de points temporels au profit d'une représentation plus riche dans laquelle la notion de point n'a plus de sens propre. Quelques difficultés théoriques subsistent cependant à l'heure actuelle.
Une application importante de nos recherches concerne un projet d'analyse et de représentation de constats d'accidents, pour lequel la réalisation d'un module de raisonnement temporel basée sur nos techniques est actuellement en cours d'étude.

Bibliographie
[1] G. Becher, « Démonstration Automatique en Logique Temporelle et Algorithmes d'E-Unification rigide », Thèse de doctorat de l'Université de Caen, 1995
[2] G. Becher, « Cyclic Connections », Proc. of the 5th Workshop on Theorem Proving with Analytic Tableaux and Related Methods, *LNAI* 1071: 80-92, 1996
[3] G. Becher, « First Order Modal Temporal Logic with Generalized Intervals », Proc. of the 3rd International Workshop on Temporal Representation and Reasoning, pp170-175, IEEE Computer Society Press, 1996
[4] G. Becher, « A Class of Modal Temporal Logics with Generalized Intervals », Les Cahiers du Greyc n° 96-8, Université de Caen, 1996
[5] J. Halpern, Y. Shoham, « A Propositional Modal Logic of Time Intervals », Proc. of the 1st IEEE Symposium on Logic In Computer Science, pp279-292. Computer Society Press, 1986
[6] G. Ligozat, « On generalized Interval Calculi », Proceedings AAAI, pp234-243, 1991
[7] G. Ligozat, « Weak Representations of Interval Algebras », Proceedings AAAI, pp715-720, 1990



HEUDIASYC ET INSERM

HeuDiaSyC, URA CNRS 817,
INSERM U296
UTC,
BP 529, 60205 Compiègne Cedex
http://www.im3.inserm.fr/u296/dojat/
contact : Dominique Fontaine (Dominique.Fontaine@hds.utc.fr)
Tél. : 03 44 23 44 63 — Fax : 03 44 23 44 77

participants : Michel Dojat (dojat@im3.inserm.fr), Dominique Fontaine, Nicolas Ramaux

Nous collaborons avec l'équipe Représentation et Traitement des Connaissances Distribuées (RTCD) du LAFORIA.

Cadre global et objectifs
Notre objectif est la supervision de systèmes dynamiques. Notre hypothèse de base est de considérer qu'un ensemble d'histoires caractéristiques, que nous appelons scénarios, reflètent l'évolution d'un système. Ces scénarios sont généralement issus d'une expertise et peuvent être qualifiés de normaux ou de pathologiques. Notre travail consiste à proposer des techniques permettant de représenter et de reconnaître les dits scénarios. Cette reconnaissance a pour but de qualifier et de prévoir en ligne l'évolution du système à partir de son comportement observé (que nous appelons session).
Nous nous situons dans le cadre de la représentation par graphes temporels. En effet, nous représentons session et scénarios sous forme de graphes de contraintes numériques entre instants. Ces instants représentent les dates d'occurrence d'événements qui traduisent les changements d'état du système observé. La reconnaissance de scénario repose alors sur une comparaison de graphes de contraintes. Cette recherche repose sur les travaux formels de l'équipe [1, 2] qui définissent la reconnaissance de scénarios en terme de compatibilité, incompatibilité et satisfaisabilité entre les graphes de la session et d'un scénario et qui proposent un indice de proximité temporelle entre ces mêmes graphes.
Contrairement aux approches classiques, nous représentons la session comme une entité complexe formée d'événements non nécessairement ordonnés ou précisément datés. Ceci est motivé par les applications qui nous intéressent en particulier le monitorage médical. Bien sûr cette approche génère des problèmes nouveaux notamment en terme de complexité.

Problématique
Notre thématique est liée à de nombreux travaux en IA (reconnaissance de plans, planification, diagnostic temps-réel...). Notre recherche actuelle s'articule autour des axes suivants :
Représentation d'informations temporelles : nous développons une ontologie temporelle essentiellement basée sur les notions standards d'événements, d'états et de propriétés. Cette ontologie est étendue selon les besoins de l'expertise à représenter. Nous nous plaçons dans le cadre de la représentation par objets.
Nous cherchons à organiser notre espace de scénarios en prenant en compte une notion de contexte d'activation afin de faciliter la reconnaissance.
Raisonnement temporel : Suite aux travaux formels visant à définir un index de proximité temporelle entre scénario et session, nous développons des algorithmes pour réaliser efficacement la comparaison de nos graphes temporels. Nous travaillons à l'intégration de contraintes qualitatives et quantitatives (symboliques et numériques) dans nos graphes et aux algorithmes permettant de les utiliser dans le cadre de la comparaison de graphes. Nous relions ces travaux à ceux effectués dans l'équipe RTCD sur la programmation par objets et contraintes. Enfin, nous tentons de réduire la complexité de nos algorithmes de comparaison de graphes (satisfaction de contraintes et isomorphismes de graphes) en exploitant la nature particulière de certains événements.
Monitoring médical : Nous appliquons la reconnaissance de scénarios à la supervision de patients en unités de soins intensifs. Il s'agit de reconnaître au plus vite des scènes typiques afin d'agir en conséquence [3]. Nous nous appuyions sur nos travaux précédents concernant la supervision de la ventilation artificielle [4]. En effet, nous ten-

tons de coupler notre mécanisme de reconnaissance de scénarios à un système existant générant des abstractions temporelles. Ce système se fonde sur un mécanisme temporel d'agrégation-oublis que nous souhaitons intégrer à la représentation de notre session.
Gestion de l'imprécision temporelle : un des atouts majeur de notre approche est la possibilité d'introduire des informations imprécises quant à leur date d'occurrence et à leur ordonnancement. Ceci est particulièrement important dans les applications médicales. Sur ce thème nous participons au projet inter-PRC « Gestion de l'évolutif et de l'incertain ».

Implémentation
Nous implémentons notre système en Smalltalk-80. Le module de reconnaissance de scénarios est alimenté par un module d'abstractions temporelles qui génère en ligne, à partir de données brutes les événements et les contraintes temporelles de la session. Nous développons également un éditeur graphique pour que l'expert du domaine puisse saisir les scénarios pertinents. Cet éditeur graphique s'accompagne d'un compilateur dont l'objectif est de traduire sous forme de graphes temporels les scénarios exprimés en langage de haut niveau par l'expert.

Bibliographie
[1] D. Fontaine, « Une approche par graphe pour la reconnaissance de scénarios temporels », *Revue d'Intelligence Artificielle* 11:439-469, 1997.
[2] D. Fontaine and N. Ramaux, « An approach by graph for the recognition of temporal scenarios », *IEEE Transactions on systems man and cybernetics* 1997 (to appear).
[3] N. Ramaux, D Fontaine, M. Dojat, « Scenario recognition for intelligent patient monitoring », Artificial Intelligence in Medicine Europe, Grenoble, 1997 (to appear)
[4] M. Dojat, F. Pachet, Z. Guessoum, D. Touchard, A. Harf, L. Brochard, « NeoGanesh : A working system for the automated control of assisted ventilation in ICUs », *Artificial Intelligence in Medicine* (to appear)

INRA — UNITÉ D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DE BIOMÉTRIE

INRA Centre de Nancy
Forêt d'Amance
54280 Champenoux
responsable : Jean Bachacou
contact : Florence Le Ber
(leber@nancy.inra.fr)
Tél. : 03 83 39 41 28
Fax : 03 83 39 40 00

participants : Jean Bachacou, Florence Le Ber, Ludmila Mangelinck, António Martins

Présentation générale
L'activité de l'unité concerne les systèmes à base de connaissances et l'interprétation d'images pour la recherche agronomique. Notre thème d'application privilégié depuis 5 ans concerne l'utilisation de l'espace par l'agriculture et ses conséquences sur l'environnement. L'espace est considéré à la fois comme support de l'activité agricole et comme résultat de cette activité. Il est décrit à différentes échelles spatiales (parcelle, exploitation agricole, commune, région), à partir de sources de données différentes (cadastre, photographies aériennes, enquêtes de terrain, cartes, imagerie satellitaire) et par des « experts » distincts (agronomes, agriculteurs).

Thèmes de recherche
Nous cherchons à développer une représentation de l'espace qui intègre les différentes échelles considérées et les différents objectifs de nos travaux.
Interprétation d'images satellitaires : l'espace observé est un indicateur du fonctionnement des systèmes agricoles dans une région. Il s'agit ici de décrire les objets et relations spatiales qui ont une signification agronomique, de les regrouper, de les comparer et de les classer.
Simulation de décisions d'assolements dans une exploitation : les caractéristiques spatiales du parcellaire jouent un rôle dans la décision d'assolement. Il s'agit donc de formaliser ces caractéristiques en rapport avec la description qu'en font les agriculteurs, à partir de cartes et de photographies aériennes.
Modélisation de l'organisation spatiale de l'occupation agricole d'un territoire : l'échelle considérée est ici celle du village et de la petite région. L'espace est divisé en unités homogènes du point de vue agronomique. Les caractéristiques spatiales et agronomiques de ces unités sont les données de base du raisonnement.

Travaux en cours
Ces travaux sont menés en collaboration avec le CRIN-CNRS/INRIA-Lorraine, équipe RFIA.
La modélisation qualitative de l'espace permet de prendre en compte à la fois des problèmes dont les données sont bruitées et de prendre en compte l'information humaine, par exemple la façon dont l'expert agronome décrit une carte ou la façon dont l'agriculteur va situer ses parcelles de maïs. De plus, cette modélisation peut utiliser des données d'origines diverses. Nous utilisons donc cette approche afin de décrire les objets, relations et structures spatiales qui nous intéressent dans nos différentes applications.
Les structures spatiales sont définies par la traduction du discours des experts en terme d'objets spatiaux pouvant être extraits des images ou des cartes et de relations spatiales qualitatives entre ces objets. Par exemple, un objet « parcelle » est un ensemble de pixels connexes de même couleur et peut être extrait de l'image par un algorithme d'étiquetage. De plus, les objets possèdent des attributs tels que leur couleur, leur surface et des facteurs de forme. Les relations spatiales qualitatives sont de trois types : des relations topologiques telle que la connexité de deux objets, des relations de distance telle que la proximité de deux objets, ou des relations d'orientation.
Nous cherchons à comparer les structures extraites, entre elles et avec des modèles préétablis. Pour cela, nous étudions le raisonnement par classification et la définition de mesures de similarité sur les structures. Classification et similarités sont définies à partir des objets et relations qui composent les structures. Nous nous proposons d'intégrer ces deux aspects à l'aide d'une représentation par objets, où objets spatiaux et relations seront représentés de manière équivalente. Nous travaillons actuelle-

ment à la représentation des relations dans le langage Yafool : les relations sont représentées dans une hiérarchie ; elles possèdent des méthodes de calcul et des propriétés (transitivité, incompatibilité, etc.), qui permettent de déduire de nouvelles relations à partir de relations déjà calculées.

Bibliographie
[1] L. Mangelinck, F. Le Ber, S. Tabbone, et J.-P. Deffontaines, « Reconnaissance de paysages modèles sur images satellitaires », Actes Colloque étude des phénomènes spatiaux en agriculture, éd. par C. Christophe, S. Lardon et P. Monestiez, INRA, pp33-45, La Rochelle, France, 1995
[2] L. Mangelinck, F. Le Ber et S. Tabbone, « Étude pour la reconnaissance de paysages agricoles sur des images satellitaires », Actes 10ième Congrès Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle, AFCET, pp53-59, Rennes, France, 1996
[3] F. Le Ber et M. Benoit, « Un modèle d'organisation de l'occupation d'un territoire agricole : cas d'un village du plateau Lorrain », soumis à *Agronomie*

INRIA RHÔNE-ALPES — PROJET OPÉRA

Outils pour les documents électroniques : recherche et applications,
655 avenue de l'Europe, 38330 Montbonnot Saint Martin,
http://opera.inrialpes.fr/OPERA
responsable : Cécile Roisin
(Cecile.Roisin@imag.fr)
Tél. : 04 76 61 53 60

participants : Loay Sabry-Ismail, Muriel Jourdan, Nabil Layaïda

Le projet Opéra de l'INRIA Rhône-Alpes s'intéresse d'une façon générale à des modèles de documents (hypertextes, multimédia…) qui rendent compte à la fois de leur organisation logique, temporelle et hypertexte, de leur présentation graphique et de leur contenu. À long terme l'objectif est la conception d'un atelier éditorial c'est-à-dire d'un environnement pour le développement et la maintenance de grosses documentations complexes multimédia.

En ce qui concerne la partie raisonnement temporel, notre projet vise le développement d'un « formateur temporel » pour les documents multimédia, permettant la construction dynamique d'une présentation à partir d'une spécification déclarative du scénario temporel du document. La spécification du scénario est basée sur une extension de la logique d'Allen, qui prend en compte l'indéterminisme des durées de certains objets composants un document, la flexibilité des durées de certains autres, et la présence d'opérateurs d'interruption.

Notre idée est d'analyser cette spécification à l'aide des techniques de satisfaction de contraintes temporelles. L'analyse a un double objectif : détecter la présence de contradictions dans la spécification et construire une solution de présentation. Les difficultés proviennent d'une part de l'absence de contrôle de l'application sur certaines durées et d'autre part de la présence des opérateurs d'interruption. Ces deux caractéristiques nous conduisent à étendre les définitions et algorithmes classiques de ce domaine, voire même parfois à en proposer de nouveaux. En particulier, la notion de cohérence doit être redéfinie pour prendre en compte la présence de variables non contrôlables et la dynamique du système. Ce travail est très proche de celui mené par [4] dans le domaine de la planification de tâches en robotique.

Ce projet a commencé il y a tout juste trois ans par un travail de thèse (N. Layaïda). Un prototype d'environnement d'édition/présentation de documents multimédia supporte un sous-ensemble du langage de spécification. Nos travaux actuels portent sur la formalisation du langage de spécification (sémantique, cohérence...) et sur la définition de différents critères de contrôlabilité impliquant la cohérence mais ayant le mérite de pouvoir être mis en œuvre en temps polynomial.
Par rapport aux autres travaux portant sur l'édition de documents multimédia, il faut savoir qu'il existe peu d'approches déclaratives nécessitant la présence de formateur temporel. Les travaux les plus proches sont les projets Firelfly [5] et ISIS [6]. Le premier est basé sur des techniques de programmation linéaire (algorithme du simplexe). Le second utilise des techniques de propagation de contraintes sur un langage de spécification qui est un sous ensemble de la logique d'Allen. Cela signifie d'une part qu'il ne différencie pas les durées contrôlables des durées qui ne le sont pas et d'autre part qu'il n'intègre pas d'opérateur d'interruptions.

Bibliographie
[1] N. Layaïda, L. Sabry-Ismail, « MADEUS : un modèle de document multimédia structuré », *Techniques et Sciences Informatiques*, numéro thématique « Multimédia Collecticiels », 15(9), 1996
[2] N. Layaïda, L. Sabry-Ismail, « Maintaining Temporal Consistency of Multimedia Documents using Constraint Networks », In : M. Freeman, P. Jardetzky, H. M. Vin ed., Multimedia Computing and Networking 1996, pp124-135, SPIE 2667, 1996
[3] M. Jourdan, N. Layaïda, L. Sabry-Ismail, « Time Representation and Management in MADEUS : an authoring environment for multimedia documents », to appear in Multimedia Computing and Networking 1997, SPIE, 1997
[4] T. Vidal, H. Fargier. « Contingent durations in temporal CSPs : from consistency to controllabilities », Linköping Electronic Articles in Computer and Information Science 2(2), http://www.ep.liu.se/ea/cis/1997/002. 1997
[5] M. C. Buchanan, P. T. Zellweger, « Automatic Temporal Layout Mechanisms », Proceedings of the 1st ACM International Conference on Multimedia, pp341-350, Anaheim, California, 1993
[6] J. Song J, M. Kim, G. Ramalingam, R. Miller, R. Yi, « Interactive authoring of multimedia documents », Actes Visual Language'96, Colorado, 1996

INRIA RHÔNE-ALPES — PROJET SHERPA

655 avenue de l'Europe,
38330 Montbonnot Saint Martin,
http://www.inrialpes.fr/sherpa/
responsable : François Rechenmann
contact : Jérôme Euzenat
(Jerome.Euzenat@inrialpes.fr)

Dans le contexte de la représentation de connaissances abordée par le projet Sherpa, on s'intéresse à la notion d'approximation d'une représentation par une autre et à la granularité spatio-temporelle en particulier. Le changement de granularité est causé par la vision plus ou moins grossière d'une situation donnée. Ceci peut poser problème lorsque les représentations de la même situation sous deux granularités différentes sont confrontées. En effet, la description de certaines entités (certains évènements ou certaines régions de l'espace) ne sont plus prises en compte, cela modifie la topologie du domaine (deux entités qui ne se touchaient pas, peuvent venir en contact si l'espace entre eux vient à disparaître). La représentation grossière et la représentation précise de la situation ne sont alors plus forcement compatibles.

Granularité dans la représentation du temps et de l'espace

Un opérateur de changement de granularité permet de se rendre compte des perceptions possibles d'une situation sous une granularité différente. Les travaux sur la granularité des représentations qualitatives ont tout d'abord permis de proposer de tels opérateurs pour le temps (algèbre d'intervalles et algèbre de points) [1], puis l'espace (intervalles en dimension quelconque et RCC-8) [2]. Ils ont ensuite été prouvés unique par une approche plus algébrique [3]. Dans le même temps, on s'est intéressé à la définition d'opérations permettant de construire des opérateurs de changement de granularité à partir d'opérateurs préexistants [4].

Un certain nombre de problèmes intéressants restent à considérer dans ce travail : on peut d'abord penser à donner une interprétation numérique de cette granularité qualitative (en passant par les « multi-layered metric logics » d'Angelo Montanari). On peut s'intéresser aux propriétés générales (existence, unicité…) de la granularité dans un espace d'algèbres de relations (de manière à trouver les frontières). Enfin dans un cadre applicatif, les problèmes de généralisation cartographique (dans un cadre quantitatif) ou de génération de documents multimédia à différents niveaux de généralité méritent d'être abordés.

Bibliographie

[1] J. Euzenat, « Représentation granulaire du temps », *Revue d'intelligence artificielle* 7(3):329-361, 1993
[2] J. Euzenat, « Granularité dans les représentations spatio-temporelles », Rapport de recherche 2242, INRIA, Grenoble (FR), 1994
[3] J. Euzenat, « A categorical approach to time representation : first study on qualitative aspects », Actes séminaire IJCAI « spatial and temporal reasoning », Montréal (CA), pp145-152, 1995
[4] J. Euzenat, « An algebraic approach for granularity in qualitative time representation », Actes 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Montréal (CA), pp894-900, 1995

INRIA SOPHIA-ANTIPOLIS — ACTION AID

Action IA et Conception
2004 route des lucioles,
06902 Sophia-Antipolis
responsable : Brigitte Trousse
(trousse@sophia.inria.fr)
Tél. : 04 93 65 77 45

Les travaux de recherche que nous menons à l'INRIA Sophia-Antipolis sont motivés depuis une dizaine d'années par l'aide à la résolution de problèmes complexes comme les problèmes de conception et, plus récemment, à la commande de systèmes dynamiques.

Raisonnement spatial

Nos principaux résultats depuis 1987 dans ce domaine concernent différentes techniques d'IA pour l'aide au raisonnement spatial :

• une approche à base de « règles » et d' « objets » en liaison avec des outils classiques de CAO : l'environnement orienté objet de CIAO appelé ANAXAGORE indépendant de tout domaine d'application permettant la coopération entre un générateur de systèmes experts et n'importe quel modeleur volumique en CAO [1].

• une approche de « programmation par contrainte » pour la gestion des contraintes en conception [2]. Une extension des CSP classiques a été proposée par P. Charman dans le cadre de sa thèse [3] prenant en compte les spécificités des contraintes géométriques.

Raisonnement temporel

Dans le cadre de deux travaux de recherche, nous nous intéressons actuellement à la prise en compte de la dimension temporelle dans la représentation objet des entités manipulées : le premier qui est l'objet de la thèse de M. Jaczynski, vise l'utilisation du raisonnement à partir de cas (RPC) pour l'aide à la commande de processus dynamiques et l'autre vise l'aide à la gestion des points de vues en conception, en particulier à l'étude de l'évolution des points de vues individuels et de leur corrélation [4]. Ces travaux sont en partie en cours d'implantation dans la bibliothèque logicielle orientée objet de programmation pour le raisonnement à partir de cas : CBR*Tools.

Bibliographie

[1] B. Trousse, « Coopération entre systèmes à base de connaissances et outils de CAO : l'environnement multi-agent ANAXAGORE », Thèse de doctorat d'informatique, Université de Nice - Sophia Antipolis, 1989
[2] T. Schiex, G. Verfaillie, B. Trousse, P. Charman, « Évaluation des outils de la programmation logique avec contraintes pour le traitement de problèmes à forte combinatoire », Rapport de fin de phase 2 N 2/3411.00 RI, Commande 004 sur marché 89 CNES 5488, ONERA-CERT/INRIA, 1991
[3] P. Charman, « Gestion des contraintes géométriques pour l'aide à l'aménagement spatial », Thèse de doctorat d'informatique, École des Ponts et Chaussées, Paris, 1995
[4] B. Trousse, T. Orel, B. Rothenburger, C. Vogel, P.J. Charrel, « Modèle de corrélation de points de vues », Rapport D3 du contrat R&T CNES-INRIA : « étude des points de vues dynamiques », 1996

IRIN — ÉQUIPE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Institut de Recherche en Informatique
de Nantes,
2,rue de la Houssinière,
44072 Nantes cedex 3
contact : Joël Révault
(Joel.Revault@iu-vannes.fr)
Tél. : 02 97 46 31 74
Fax : 02 97 63 47 22

La recherche présentée est réalisée dans le cadre d'une thèse dirigée par Michael Griffiths portant sur la modélisation et le traitement de problèmes temporels. Ce travail a été fortement enrichi lors des réunions de travail du groupe Kanéou du PRC-IA.

Intérêt et position des travaux

Situés dans le prolongement des approches algébriques de J.F.Allen, nos travaux sont fondés sur deux décisions : d'une part, toute entité temporelle est de type intervalle, d'autre part, la seule relation entre ces entités est la relation de synchronisation (*meet*) parce qu'elle engendre toutes les autres.

Enfin dans ces sous-classes, les processus de calcul passent en général par une traduction préalable en termes de points. Notre recherche explore une alternative fondée sur l'utilisation exclusive des intervalles, elle fait appel à des arguments topologiques et à des arguments algébriques.

Panorama des travaux et résultats

Nous avons développé une modélisation par les graphes pour représenter et propager des contraintes portant sur des intervalles comme on en rencontre en particulier dans les problèmes temporels.

Le générateur *meet* : Sans utiliser la disjonction explicite, la relation *meet* permet d'engendrer un ensemble de 29 relations, noté C_A, en utilisant les opérateurs (incontournables) de passage à l'inverse, d'intersection et de composition relationnelle. Chacune de ces relations est représentée par un « mini-graphe » de *meet* et nous avons proposé une technique de collage de ces fragments de graphe en un seul graphe qui représente globalement l'ensemble des contraintes fournies au système.

Le traitement du graphe (construit par collage) pour propager ou extraire des informations n'est pas immédiat, nous avons donc entrepris l'étude des propriétés structurelles de la relation *meet*.

Deux propriétés jouent ici un rôle essentiel : la Z-propriété ($m*mi*m=m$) et la 2-absorption (m^3 est inclus dans m^2). Puisque tout graphe de la relation *meet* doit les vérifier, on en déduit une méthode de propagation par double fermeture vis-à-vis de ces propriétés. Vient s'y ajouter l'acircularité de *meet* lorsqu'on s'interdit les intervalles ponctuels.

Nous avons étendu ce mécanisme au cas des graphes comportant des intervalles ponctuels ce qui a deux types de conséquences : le typage des entités du graphe (point ou intervalles stricts), l'extension de la famille des relations ainsi traitables des 29 de C_A aux 83 relations convexes.

La complexité des mécanismes de propagation est trop importante pour supporter la comparaison avec les méthodes ponctuelles. Le nombre de relations appréhendées est encore loin des 868 relations de Ord-Horn. Cependant les algorithmes actuellement proposés sont encore rudimentaires et donc améliorables, nous avons suggéré quelques idées qu'il conviendrait d'expérimenter. La proximité topologique entre relations convexes et relation de Ord-Horn permettra peut-être d'élargir le champ d'application de la méthode, mais sur ce point nous restons prudent.

Avancement de l'implantation

Actuellement les méthodes décrites ont été programmées afin d'en tester la validité sur des exemples simples, des améliorations s'avèrent indispensables pour les intégrer dans un système opérationnel.

Bibliographie

[1] J. Révault, « Éléments sur l'algèbre d'intervalles de Allen », RJCIA, Marseille, 1994
[2] J. Révault, « Les Z-relations », Rapport IRIN RR86, Nantes, 1995
[3] J. Révault, « Les relations k-stationnaires », Rapport IRIN RR94, Nantes, 1995
[4] J. Révault, « Une modélisation par le graphe de la relation « meet » pour traiter des contraintes temporelles exprimées à l'aide d'intervalles », Thèse d'Université, Nantes, novembre 1996

IRIT — ÉQUIPE LANGUE RAISONNEMENT CALCUL

Institut de Recherche en Informatique
de Toulouse
UMR 5505 du CNRS
Université Paul Sabatier
31062 Toulouse Cedex
http://www.irit.fr/ACTIVITES/
EQ_LRC
responsable : Mario Borillo
(borillo@irit.fr)
Tél. : 05 61 55 67 64
Fax : 05 61 55 83 25
contact : Mario Borillo, Myriam Bras,
ou Laure Vieu
{borillo,bras,vieu}@irit.fr)

L'analyse de la sémantique des marqueurs de l'espace, du temps et du mouvement dans la langue permet d'isoler les concepts et les relations qui organisent leurs représentations mentales dans les activités de communication et de raisonnement. Formaliser cette sémantique ne s'avère pas seulement nécessaire pour calculer la structure temporelle et spatio-temporelle des énoncés. Elle produit aussi la représentation la plus à même de servir de base à l'étude de raisonnements spatiaux et spatio-temporels qui soient non seulement déductivement corrects mais aussi cognitivement fondés, c'est-à-dire réalistes. En outre, dans la mesure où la référence d'une expression spatiale ou spatio-temporelle n'est rien d'autre qu'une classe de configurations spatiales ou spatio-temporelles satisfaisant certaines conditions de vérité, il devient possible d'analyser les relations entre langage et perception dans un cadre cognitivement cohérent. À partir de ces travaux, qui expliquent l'association d'expressions linguistiques à des formes sensibles, s'ouvre une approche nouvelle, de nature logico-sémantique, pour l'interprétation des images délivrées par des capteurs, approche qui prolonge les méthodes plus exclusivement numériques de la vision par ordinateur.

L'Équipe « Langue, Raisonnement, Calcul » conduit sur ces thèmes des recherches (logiques, linguistiques, informatiques) et des collaborations (psychologie, philosophie, partenaires industriels) en étroite association pour les aspects linguistiques avec l'Équipe

de Recherches en Syntaxe et Sémantique, UMR 5610 CNRS-UTM. Ces recherches sont résumées ci-dessous selon quatre axes.

Sémantique formelle du temps, de l'espace et du mouvement — de la sémantique lexicale à la sémantique et à la pragmatique du discours

À partir de l'inventaire systématique des ressources dont dispose la langue pour exprimer le temps, l'espace et le mouvement — adverbiaux de localisation temporelle et spatiale, temps verbaux, verbes de mouvement, prépositions spatiales, noms de localisation interne — on décrit formellement les mécanismes qui permettent d'informer et de raisonner sur ces concepts [1,3,5,6,11]. La cohésion de l'architecture qui permet d'articuler les niveaux du lexique, de la phrase et du discours est assurée par le cadre théorique choisi, la DRT de Hans Kamp, et la SDRT, son extension par Nicholas Asher. Ces travaux permettent de mettre en évidence l'importance des interactions entre la structure rhétorique du discours et sa trame spatio-temporelle dans la construction de la représentation sémantique d'un texte [4,12].

Théories axiomatiques pour la représentation de l'espace cognitif et le raisonnement spatial qualitatif

L'espace cognitif est modélisé dans le but de représenter de manière cohérente les aspects géométriques de la sémantique de l'espace [6]. Mais ces travaux contribuent aussi aux recherches sur le raisonnement spatial qualitatif (l'équipe LRC constitue un site du Network of Excellence CHM SPACENET de l'Union Europeenne) [14,15]. Après avoir étudié quels sont les éléments d'ontologie formelle de l'espace cognitif qui permettent de fonder une géométrie « de sens commun », une théorie axiomatique de la topologie basée sur des entités étendues (méréotopologie) a été proposée [2,5]. Les travaux en cours tendent à étendre cette théorie pour l'orientation et la distance. L'accent est mis sur l'obtention de propriétés métathéoriques garantissant la calculabilité et donc les possibilités d'implémentation. Les structures mathématiques de la méréotopologie ont été calculées (preuves de justesse et complétude) [2].

Logiques pour la sémantique et la pragmatique du discours, le raisonnement temporel et spatio-temporel

Outre l'application de logiques non monotones nécessaires pour le calcul des représentations spatio-temporelles de textes à l'interface sémantique-pragmatique (thème 1) [4,12], des travaux ont été consacrés à l'extension et l'application du calcul d'évènements. Du point de vue théorique, le cadre logique et sémantique du calcul d'événements de Kowalski et Sergot a été défini et une stratégie de résolution plus générale, dont on a montré la justesse, a été proposée. D'un point de vue plus appliqué, la possibilité de donner une sémantique réaliste à la notion élémentaire d'évènement dans la planification a été approfondie et implémentée [7]. Cette ligne de recherches s'enrichit actuellement de travaux sur le raisonnement sur les actions [13].

Perception, langage et raisonnement : de la description géométrique de l'espace perçu à son interprétation communicationelle et téléonomique

L'objectif à terme est de définir un cadre pour une théorie de l'observation artificielle à partir de travaux linguistiques, logiques, informatiques et psychologiques sur le langage et la perception [10]. Le rappel des princi-

Bibliographie

[1] P. Amsili, A. Le Draoulec, « An Account of Negated Sentences in the DRT Framework », In : J. Ginzburg, Z. Khasidashvili, J.-F. Levy, E. Vallduví (eds.), The Tbilisi Symposium on Language, Logic and Computation : selected papers. Chicago University Press, CSLI Lecture Notes, 1996

[2] N. Asher, L. Vieu, « Toward a Geometry of Common Sense : A Semantics and a Complete Axiomatization of Mereotopology », Proceedings of IJCAI'95, San Mateo, CA : Morgan Kaufmann, pp846-852, 1995

[3] N. Asher, P. Sablayrolles, « A Typology and Discourse Semantics for Motion Verbs and Spatial PPs in French », *Journal of Semantics*, 12(2):163-209, 1995

[4] N. Asher, M. Aurnague, M. Bras, P. Sablayrolles, L. Vieu, « De l'espace-temps dans l'analyse du discours », *Sémiotiques* (9):11-62, 1995

[5] M. Aurnague, L. Vieu, « A three-level approach to the semantics of space ». In : C. Zelinski-Wibbelt (ed.) Semantics of Prepositions in Natural Language Processing. Berlin : Mouton de Gruyter, Natural Language Processing 3, pp393-439, 1993

[6] M. Aurnague, L. Vieu, A. Borillo, « Une représentation formelle des concepts spatiaux dans la langue », In : M. Denis (éd.) Langage et cognition spatiale, Paris : Masson, à paraître

[7] D. Bernard, M. Borillo, B. Gaume, « From Event Calculus to the Scheduling Problem, Semantics of Action and Temporal Reasoning in Aircraft Maintenance », *Journal of Applied Intelligence* 1:195-221, 1991

[8] M. Borillo, H. Pensec, « From Numerical Observations to Propositional Representations : A Cognitive Methodology to Structure Hybrid Spatial Knowledge », Proceedings of AISB 95 Conference, IOS Press, pp13-25, 1995

[9] M. Borillo, H. Pensec, « Une méthode sémantique d'interprétation d'images numériques ». Actes du 10e congrès RFIA, Rennes : AFCET, 1996

[10] M. Borillo, « Sémantique de l'espace, du temps et du mouvement. Recherches sur le langage, le raisonnement et la perception », Rapport IRIT 96/41/R, 1996

[11] M. Bras, F. Molinès, « Adverbials of Temporal Location : linguistic description and automatic processing », In : J. Darski & Z.y. Vetulani (eds.), Proceedings of 26th Colloquium of Linguistics : Language, Computation, Communication, Tübingen : Niemeyer, Linguistische Arbeiten n°293, pp137-146, 1993

[12] M. Bras, N. Asher, « Le raisonnement non monotone dans la construction de la structure temporelle de textes en français », Actes du 9ème congrès RF-IA, Paris, pp223-234, 1994

[13] P. Grünwald, B. Gaume, M. Bouajjani, « A new Causal Theory of Action », Proceedings of NAIC'95, 7th Dutch Conference on AI, Rotterdam, pp405-414, 1995

[14] L. Vieu, « Spatial Representation and Reasoning in Artificial Intelligence », In : O. Stock (ed.), « Spatial and Temporal Reasoning », Dordrecht : Kluwer, à paraître 1997

[15] L. Vieu, « A Logical Framework for Reasoning about Space », In : A. Frank, I. Campari (eds.), Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS, Proceedings of COSIT'93, *LNCS* 716:25-35, 1993

paux éléments constitutifs de la sémantique des expressions spatiales (thèmes 1 et 2) montre le rôle qu'ils jouent pour associer une interprétation — une signification — à un ensemble de formes « perçues » par des capteurs. En fait, il apparaît que des mécanismes de raisonnement (thème 3) doivent pour cela être mis en œuvre dès le cas le plus simple, l'interprétation d'images statiques. Les premiers résultats ainsi obtenus sont mis en œuvre dans un certain nombre de travaux plus spécifiques et d'applications, entre autres le projet WIRE (Watching is Reasoning), en collaboration avec la SOGERMA-Aérospatiale, dont l'objectif est de définir une méthode d'interprétation du mouvement fondée sur la sémantique formelle des verbes qui l'expriment en français [8,9].

Ateliers internationaux « Temps, Espace, Mouvement »

L'équipe LRC organise depuis 1989 la série des Workshops internationaux « TSM ». Ces ateliers regroupent informaticiens, linguistes, philosophes et psychologues autour des thèmes de la sémantique du temps, de l'espace et du mouvement, et du raisonnement spatial, temporel et spatio-temporel. Les actes des deux derniers ont été édités et quelques exemplaires sont encore disponibles :

Aurnague, M., A. Borillo, M. Borillo, M. Bras, eds. (1993). « Semantics of Time, Space and Movement ». Proceedings of the 4th International Workshop on Time, Space and Movement - TSM'92.

Amsili, P., M. Borillo, L. Vieu, eds. (1995). « Time, Space and Movement. Meaning and Knowledge in the Sensible World ». Proceedings of the 5th International Workshop TSM'95.

IRIT — ÉQUIPE RAISONNEMENT, DÉCISION ET MÉTHODES DE PREUVES

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
Université Paul Sabatier, 31062 Toulouse Cedex
Contact : Didier Dubois ou Henri Prade
{dubois,prade}@irit.fr
Tél. : 05 61 55 63 31 / 65 79

participants : Didier Dubois, Florence Dupin de Saint-Cyr, Hélène Fargier, Jérôme Lang, Henri Prade

L'équipe s'occupe principalement d'élaborer des formalismes de représentation (notamment logiques) et des outils algorithmiques pour le raisonnement et la décision en présence de connaissances incertaines, imprécises, conflictuelles et évolutives, et de préférences exprimées par un agent.

Raisonnement temporel et ordonnancement flexible

La théorie des possibilités peut être utilisée comme un cadre général pour modéliser des connaissances temporelles incertaines ou imprécises. Elle permet de traiter des dates ou des durées mal connues, des intervalles de temps avec des bornes mal définies, des relations de précédence incertaines entre événements [5]. Une application importante de cette approche du raisonnement temporel dans l'incertain est l'ordonnancement sous contraintes de ressources, où la théorie des possibilités permet de tenir compte de la flexibilité des contraintes temporelles et de l'incertitude sur la durée des tâches [7, 3] ; ces articles proposent des algorithmes d'ordonnancement flexible fondés sur une extension floue des problèmes de satisfaction de contraintes.

Raisonnement sur le temps et le changement en présence d'incertitude

Il s'agit, à partir de connaissances plus ou moins précises sur l'état d'un système évolutif et sur son comportement dynamique, de modéliser son évolution dans un formalisme logique. Plusieurs aspects originaux du raisonnement sur le changement ont été développés dans l'équipe, notamment dans le cadre de la thèse de Florence Dupin de Saint-Cyr [6] :

(i) une nouvelle classification des systèmes évolutifs prolongeant celle de Sandewall en faisant intervenir la notion d'incertitude ;

(ii) une généralisation des chaînes de Markov aux mesures d'incertitude non-probabilistes, et leur construction automatique à partir de connaissances générales (contraintes de transition) sur le système évolutif [2] ;

(iii) des modélisations possibilistes [1] et probabilistes de la notion d'érosion des croyances (l'incertitude sur la persistance des propriétés du système augmente avec la durée des intervalles de temps considérés).

Le problème de la persistance en raisonnement spatial

La notion de persistance, bien connue en raisonnement temporel, a aussi une signification en raisonnement spatial : la plupart des propriétés observées en certains points de l'espace ont tendance à être encore vérifiées en des régions proches de ces points (et l'incertitude quant à leur persistance croît avec la distance avec les lieux des observations) [8].

Bibliographie

[1] D. Driankov, J. Lang, « Possibilistic decreasing persistence », Proc. of Uncertainty in Artificial Intelligence 93, Morgan Kaufmann, 1993

[2] D. Dubois, F. Dupin de Saint-Cyr, H. Prade, « Updating, transition constraints and possibilistic Markov chains », *LNCS* 945:263-272, 1994

[3] D. Dubois, H. Fargier, H. Prade, « Fuzzy constraints in job-shop scheduling », *Journal of Intelligent Manufacturing* 6:215-234, 1995.

[4] D. Dubois, J. Lang, H. Prade, « Timed possibilistic logic », *Fundamentica Informaticae*, special issue : logics for artificial intelligence, 15:211-234, 1991

[5] D. Dubois, H. Prade, « Processing fuzzy temporal knowledge », *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 19(4):729-744, 1989.

[6] F. Dupin de Saint-Cyr, « Gestion de l'évolutif et de l'incertain en logique des pénalités », Thèse de l'Université Paul Sabatier, Décembre 1996.

[7] H. Fargier, « Problèmes de satisfaction de contraintes flexibles : application à l'ordonnancement de production », Thèse de l'Université Paul Sabatier, Juin 1994.

[8] J. Lang, N. Asher, « A nonmonotonic approach to spatial persistence based on distances and boundaries », Proc. of the 5th Int. Workshop on Time, Space and Movement (P. Amsili, M. Borillo, L. Vieu, eds.), Bonas, Juin 1995.

LAAS — GROUPE RIA

groupe Robotique et Intelligence Artificielle,
LAAS-CNRS,
7 avenue du Colonel Roche,
31077 Toulouse
http://www.laas.fr/RIA/RIA.html
responsable : Malik Ghallab
(malik@laas.fr)
Tél. : 05 61 33 62 00

Les recherches de l'équipe ont pour leitmotiv la machine intelligente : nous cherchons à conférer à la machine un comportement rationnel dans divers environnements réels. Composée d'une cinquantaine de personnes, l'équipe s'organise autour de cinq grands thèmes : perception, commande, mouvement, manipulation et décision, et conduit ses travaux dans le cadre de deux projets essentiels : la robotique d'intervention et la robotique de service.

La problématique très large — la machine intelligente — implique des problèmes très variés ; aussi les sujets abordés couvrent-ils un vaste spectre de domaines. Nous traitons des thèmes tels que la modélisation de l'environnement, la commande des robots, la planification de mouvements, et la planification de tâches en passant par la reconnaissance d'objets 3D, la commande référencée vision, la supervision, et la coopération multi-robots.

La planification et le temps

Le temps est un aspect primordial pour planifier des tâches de façon réaliste en robotique, relativement à un environnement changeant. Le planificateur général IxTeT (Indexed Time Table), qui a été développé au sein de notre groupe, a donc été réalisé dans l'optique de la prise en compte du temps.

IxTeT est conçu autour d'un noyau de propagation de contraintes, capable de maintenir les contraintes temporelles d'une base de données (ajout, propagation, cohérence) et de gérer les requêtes temporelles sur cette base.

L'algèbre d'intervalles de Allen induisant une complexité trop importante pour les requêtes soumises au noyau de propagation de contraintes, la représentation du temps qui a été choisie est celle de l'algèbre d'instants. Les contraintes sur les instants peuvent être de deux types : symboliques ($t_1 < t_2$), qui permettent d'exprimer un ordre entre deux instants, ou numériques ($t \in [t_1, t_2]$), qui permettent de traduire une incertitude sur la valeur exacte de l'instant. Les deux types de contraintes nécessitent l'emploi d'algorithmes de mise à jour et de requêtes, qui n'ont pas la même complexité. Dans le cas symbolique, il a été possible de trouver un compromis entre mise à jour et requêtes, mais dans le cas numérique, il a fallu privilégier les requêtes, plus fréquentes. Notons que bien que les deux types de contraintes utilisent des structures de données et des algorithmes différents, il existe tout de même un processus d'interaction entre les deux.

Pour exprimer clairement les évolutions des attributs dans le temps, deux prédicats ont été définis :

• hold(p(x) : a, (t_1,t_2)), qui signifie que l'attribut p(x) va rester à la valeur a entre les instants t_1 et t_2 (persistance) ;

• event(p(x) : (a,b), t), qui signifie que l'attribut p(x) va passer de la valeur a à la valeur b à l'instant t (changement).

Tout changement est considéré comme instantané, l'instant précis du changement pouvant être imprécis ou inconnu.

Ces deux prédicats ainsi que la possibilité d'exprimer des contraintes temporelles simples sur des intervalles servent de base pour pouvoir exprimer les modèles d'actions, les contextes d'environnement, et les événements prévisibles du monde, et ainsi permettre la considération du temps dans la planification.

La supervision et le temps

IxTeT permet non seulement la synthèse de plans, mais aussi la reconnaissance de chroniques pour la supervision d'un processus dynamique. Une chronique est décrite à l'aide des prédicats event et hold et de contraintes temporelles, elle symbolise une séquence d'évolutions possibles. Le module de reconnaissance reçoit de façon asynchrone des événements observés et datés, et peut alors prévoir les différents scenarii possibles grâce aux chroniques qui satisfont aux observations, aux contraintes temporelles et à leur propagation. Il peut alors prévoir les événements attendus et calculer leurs fenêtres d'occurrence possibles. Il gère un arbre d'hypothèses correspondant à toutes les instances possiblement en cours. En cas de reconnaissance complète, on pourra alors selon le cas lancer des actions réflexes, des alarmes, une nouvelle planification, selon le déroulement observé.

La planification et l'espace

En ce qui concerne le déplacement d'un agent dans l'espace, c'est au tour de la planification de mouvement de prendre le relais. Différents thèmes de recherche sont abordés au niveau de la planification de mouvement dans le groupe.

Un premier thème est celui de la planification de mouvements en présence d'incertitudes au niveau du contrôle du robot et de la perception du monde, qui sont liées aux erreurs sur les données sensorielles. Ceci apporte une plus grande robustesse à la boucle planification/contrôle, pour permettre une utilisation dans des situations réelles. Le plan généré est en fait une stratégie de déplacement, faisant intervenir des localisations et des déplacements asservis sur les capteurs.

Un autre thème, orienté plus vers la robotique d'intervention, est celui de la planification de mouvements en terrain accidenté. Le problème ici consiste à calculer le placement du robot sur un modèle tridimensionnel de la surface du terrain de façon efficace, en tenant compte des incertitudes dans le modèle du terrain et des erreurs d'exécution, de l'évitement d'obstacles, des problèmes de stabilité du robot et des contraintes de localisation.

Un troisième thème de recherche du groupe est celui des systèmes non-holonomes (cinématiquement contraints). Il s'agit ici de planifier les mouvements d'un chariot à remorque, tout en évitant les obstacles qui peuvent se présenter sur son chemin.

Un autre sujet concerne l'analyse de la complexité en moyenne des algorithmes de planification de mouvement probabilistes. Les algorithmes de planification de mouvement traditionnels utilisent soit des méthodes exactes et complètes, mais de complexité élevée, soit des méthodes heuristiques, qui posent des problèmes de non-complétude. De nouvelles méthodes probabilistes exhibent des performances remarquables.

Enfin, l'équipe travaille sur la planification distribuée et la coordination de plusieurs robots se partageant sans conflit

des ressources diverses, chaque robot ayant ses buts propres et réagissant aux contingences de l'environnement. Notre approche se base sur un paradigme générique de fusion de plans et un protocole de communication et de résolution de conflits. Cette approche a été illustrée avec succès pour le partage de l'espace par une équipe de robots dans des applications de transitique (projet MARTHA). Les logiciels de planification de mouvement s'exécutent de manière robuste sur nos différents supports expérimentaux, intégrés aux systèmes d'exécution et de perception.

Bibliographie

[1] M. Ghallab, A. Mounir-Alaoui, « Relations temporelles symboliques : représentations et algorithmes », *Revue d'intelligence artificielle* 3(3), 1989

[2] M. Ghallab, H. Laruelle, « Representation and control in IxTeT, a temporal planner », Artificial Intelligence Planning Systems, Chicago, USA, 1994

[3] M. Ghallab, T. Vidal, « Focusing on a sub-graph for managing efficiently numerical temporal constraints », Florida Artificial Intelligence Research symposium, Melbourne Beach, USA, avril 1995

[4] C. Dousson, M. Ghallab, « Suivi et reconnaissance de chroniques », *Revue d'intelligence artificielle* 8(1), 1994

[5] T. Siméon, R. Alami, « Planning robust motion strategies for a mobile robot in a polygonal world », *Revue d'intelligence artificielle* 4(4), 1990

[6] B. Bouilly, T. Siméon, « A sensor based motion planner for mobile robot navigation with uncertainty », International Workshop on « Reasoning with uncertainty in robotics », Amsterdam, 1995

[7] J.-P. Laumond, J.-J. Risler, « Nonholonomic systems : controlability and complexity », *Theoretical computer science* 157(5), 1996

[8] S. Sekhavat, J.-P. Laumond, « Topological property of trajectories computed from sinusoidal inputs for nonholonomic chained form systems », IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, USA, 1996

[9] A. Hait, T. Siméon, « Motion planning on rough terrain for an articulated vehicle in presence of uncertainties », IEEE International Conference on Robots and Systems, Osaka, Japan, 1996

[10] F. Lamiraux, J.-P. Laumond, « On the expected complexity of random path planning », IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, USA, 1996

[11] R. Alami, F. Robert, F. Ingrand, S. Suzuki, « Multi-robot Cooperation through Incremental Plan-Merging », IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nagoya, Japan, 1995

LAMA — ÉQUIPE SIG

Équipe Systèmes d'Information Géographique,
Laboratoire de la Montagne Alpine,
Espace Serge Martin, BP 53, 38041 Grenoble cedex
email : <nom>@lamasig.ujf-grenoble.fr
responsable : Pierre Dumolard

participants : Rachel Catelan, Luc Merchez, Sonia Chardonnel, Alain Touret

Calcul de l'accessibilité spatiale fondé sur la différenciation des objets et des processus spatiaux

Nous avons développé un logiciel destiné au calcul d'information géographique : l'accessibilité spatiale. Sa mesure est celle du temps de trajet minimal entre un ou plusieurs points de départ et les points d'arrivée situés sur l'espace géographique. Ce qui intéresse les géographes est une mesure exhaustive sur tout l'espace et pas seulement des valeurs ponctuelles. C'est pourquoi nous calculons une carte des temps minimaux d'accès, qui correspond à une carte de courbes isochrones. Une telle carte se calcule avec des conditions de circulation fixées à l'avance, notamment au niveau des vitesses. L'apport essentiel de notre système réside dans le modèle de l'espace et dans le processus de calcul qui permettent de conduire le calcul en fonction de conditions non uniformes de circulation sur l'espace.

L'accessibilité spatiale théorique est un indicateur de la structuration potentielle de l'espace. Le modèle théorique original introduit par Von Thünen étudiait l'émergence d'ordre dans la structure d'une exploitation agricole. Cependant en ce qui concerne l'accès aux champs, il ne distinguait pas les chemins. C'est pourquoi il obtenait des courbes d'accessibilité auréolaires autour de cette exploitation.

La structure des chemins influence directement l'accessibilité, et c'est en partie leur raison d'être. L'espace géographique n'est pas une feuille de papier uniforme et muette, il est différencié, en fonction de quoi des processus distincts prennent place. À partir d'une différenciation spatiale prend place la différenciation des phénomènes et des processus spatiaux.

Notre système se fonde sur la différenciation des processus spatiaux en fonction de la différenciation des éléments spatiaux. Pour cela, il utilise une qualification des données spatiales sur laquelle s'appuie le calcul. Le calcul est effectué à partir d'une image d'un réseau routier et de sa légende descriptive, tous deux préalablement saisis par un opérateur. La légende associe des attributs aux nombres qui codent l'image du réseau routier. Ces attributs sont : l'un, qualitatif, il qualifie l'objet en présence (« route », « autoroute »...) ; l'autre, quantitatif, lui associe une valeur standard de vitesse de franchissement. Ainsi, tout élément d'image se voit associé une interprétation sur laquelle le calcul se fonde. Afin de simuler les ponts, nous avons ajouté une qualité prédéfinie : les espaces superposés. D'autre part, le fichier de légende précise les relations de communication entre les éléments spatiaux, spécifiées dans un réseau de relations de passage entre les éléments en fonction de leur qualité. Le mode de représentation des connaissances et l'algorithme de calcul ont été étudiés pour rendre linéaire, automatisable et fiable l'obtention de l'image du réseau routier. Le bricolage et le débogage de grandes cartes sont inopérables dans la pratique. Le calcul utilise un système d'entités autonomes pour effectuer une diffusion de la valeur temporelle du coût d'accès. Leur diffusion suit les règles de circulation fournies par l'utilisateur.

Malgré son apparente simplicité, cette application constitue à plusieurs titres une innovation dans le domaine du traitement d'information géographique. Le calcul s'appuie sur le schéma de communications entre les éléments spatiaux que l'utilisateur spécifie lui-même. Ceci rend possible de traiter des éléments très divers définis par l'utilisateur comme les autoroutes, les villes, les lignes de train ou de bus, et en fait ainsi un outil générique... Les espaces superposés, comme les ponts ou les tunnels, ajoutent une dimension verticale au plan bidimensionnel de la carte. Ils en augmentent le réalisme. En conséquence, le résultat calculé en fonction de ces paramètres gagne en éloquence et possibilités d'usage. C'est

certainement son argument principal auprès des géographes qui ne disposent ordinairement que de programmes calculant des valeurs abstraites d'accessibilité. Le temps correspond en effet à un paramètre pratique, vérifiable et intuitif mais aussi directement significatif pour l'analyse géographique théorique. Une première maquette a déjà été réalisée, et diverses applications dérivées sont en projet : prise en compte de la topographie et de la sinuosité dans le calcul de la vitesse réelle, calcul des directions et chemins optimaux.

Bibliographie
Un numéro de la *Revue Internationale de Géomatique* a été entièrement consacré aux activités de recherche de notre équipe : Volume 5, n°3-4/1995, édition HERMES

LEIBNIZ/IMAG — ÉQUIPE MAGMA

Modélisation d'AGents Autonomes en univers Multi-Agents
Laboratoire LEIBNIZ, UMR 5522
CNRS - INPG - UJF - Institut IMAG
46 avenue Félix Viallet,
38031 Grenoble cedex
http://leibniz.imag.fr/MAGMA/home.html
contact : Yves Demazeau (Yves.Demazeau@imag.fr)
Tél. : 04 76 57 46 54 — Fax : 04 76 57 46 02

participants : Yves Demazeau, Jean-Luc Koning, Michel Occello, Sylvie Pesty, Caroline Wintergerst, Christof Baeijs, Nils Ferrand, Jaroslaw Kozlak, Alexandre Ribeiro, Francis Van Aeken

Présentation générale
Le groupe MAGMA développe des études théoriques, des outils informatiques et des réalisations pratiques pour la Simulation Décentralisée de Systèmes et la Résolution Distribuée de Problèmes, l'essentiel des travaux s'effectuant au niveau des modèles et des outils informatiques dans une perspective de Programmation Orientée Systèmes Multi-Agents. Les travaux sont orientés vers le développement de modèles et d'implémentations d'agents, les interactions entre agents, l'organisation de ces agents, la représentation de l'environnement dans lequel ils évoluent.

Travaux en raisonnement spatial
Les travaux d'une partie de l'équipe portent sur la résolution de problèmes spatialisés, c'est-à-dire spécifiés par référence à des données et contraintes spatialisées (problèmes de localisation, organisation spatiale, tracés). Notre approche est fondée sur le concept SMARRPS (SMA Réactifs pour la Résolution de Problèmes Spatialisés) formalisé en 1994. Elle consiste à segmenter en un ensemble d'agents réactifs (automates complexes adaptatifs) les éléments spatiaux que l'on veut localiser ou déformer. Chaque agent a un comportement autonome, mais il doit respecter des contraintes inter-agents (relatives à la forme recherchée) et externes (relatives à la position). Lors d'une activation parallèle, il y a convergence vers un état stable traduisant une solution au problème.

Applications de référence
SIGMA (généralisation cartographique) : Ce projet, en collaboration avec l'IGN, porte sur la production de cartes à partir de bases de données géographiques, en respectant des contraintes d'importance entre les types d'objets représentés. Cela permet de fournir des cartes thématiques selon le choix d'un « point de vue » (focus). Le problème afférent est celui de l'extraction et l'organisation de données spatiales en fonction de besoins d'information.
SMAALA (SMA pour l'Aide à la Localisation d'Aménagements) : Ce système d'aide à l'expertise, objet d'une collaboration avec un bureau d'étude en aménagement, CERREP S.A., fournit les fuseaux de moindre impact pour une infrastructure linéaire. Il prend en compte les cartes de sensibilité fournies par l'expert, les données structurelles du projet et permet d'explorer les solutions vues selon les différents acteurs en présence. Il détermine la sensibilité d'une solution à un changement de point de vue, et fournit les fuseaux de moindre risque. Le portage Java pour une intégration Internet est en cours.
SANPA (Système d'Aide à la Négociation de Projets en Aménagement) : Issu des études de faisabilité du projet européen en télématique GEOMED-F (Geographical Mediation System), ce système vise la facilitation et l'assistance à des négociations décentralisées, asynchrones et prolongées. Il doit maintenir dans le temps un projet avec ses acteurs et évènements, permettre l'accès aux informations spatiales ou non, l'échange et l'aide à la construction de messages, garantir la cohérence spatiale, et être utilisable par chacun selon ses droits.

Bibliographie
[1] C. Baeijs, Y. Demazeau, L. Alvares, « SIGMA : Application of Multi-Agent Systems to Cartographic Generalization », In : Van de Velde and Perram, eds., Agents Breaking Away, Proceedings 7th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, IPO, Eindhoven, The Netherlands, *LNAI* 1038:163-176, 1996
[2] N. Ferrand, « Modelling and Supporting Multi-Actor Spatial Planning Using Multi-Agent Systems », 3rd NCGIA conference on GIS and Environmental Modelling, Santa Fe, USA, 1996
[3] N. Ferrand, Y. Demazeau, C. Baeijs, « Systèmes Multi-Agents Réactifs et Résolution de Problèmes Spatialisés », *Revue d'Intelligence Artificielle*, 1997, à paraître

LIA

Équipe Modélisation des mondes incomplets
Laboratoire d'Intelligence Artificielle,
Université de Savoie,
Domaine Scientifique Universitaire,
73376 Le Bourget-du-Lac cedex
<email : <Prenom>.<Nom>@univ-savoie.fr
responsable : Laurent Siklóssy
Tél. : 04 79 75 88 48

participants : Laurent Siklóssy, David Sol, Laurent Denoue, Sorana Cimpan

***Observateur* : Représentation, description et interprétation de scènes dynamiques**
L'objectif de notre projet, *Observateur*,

est le développement de *méthodes* de description, d'interprétation et de compréhension d'événements dans des mondes dynamiques.
Les approches précédemment développées pour représenter de tels événements passent essentiellement par des séquences de vues statiques, qui sont des instantanés « gelés » des événements dynamiques. Le projet *Observateur* se distingue par l'utilisation pour la représentation d'éléments de base (« building blocks ») qui sont eux-mêmes dynamiques. L'élément de base utilisé est le *filmbit* ; dans son nom nous avons mis « bit » pour indiquer un élément petit et indivisible, et nous avons mis « film » pour indiquer un événement se déroulant dans l'espace *et* le temps (comme un film apparaît à un observateur, pas comme il est implémenté). Le filmbit est utilisé pour représenter des changements élémentaires ; *élémentaire* dépendra du contexte des événements, en particulier des degrés de précision et de détails voulus. L'union et la séquence de plusieurs filmbits (avec des contraintes de cohérence spatio-temporelle et sémantique) s'appelle un *clip*.
La représentation de l'espace et du temps d'un filmbit utilise l'approche hiérarchique de Peano. Ainsi, dans cette représentation, un espace (limité) peut être fragmenté jusqu'à un niveau de précision souhaité ; il sera alors identifié par le parcours de la courbe de Peano. Le même principe est utilisé pour fragmenter l'intervalle de temps pendant lequel se déroule une scène dynamique. À un filmbit nous associons, dans ce codage du temps et de l'espace, un intervalle spatio-temporel, qui indique et la durée (variable) du filmbit, et les parties de l'espace (à un certain niveau de précision) où s'est déroulé le filmbit. Nous insistons encore sur la facilité avec laquelle, dans cette représentation de Peano, il est possible d'augmenter ou de diminuer la précision et le détaillé de la représentation.

Observateur utilise une bibliothèque de *schémas*, qui sont des généralisations de clips, auxquels une sémantique a été ajoutée. Ainsi, un (nouveau) clip pourra recevoir une interprétation s'il peut-être apparié à un schéma (ou, plus souvent, une partie d'un schéma) de la bibliothèque.

Dans beaucoup de cas, une scène n'est vraiment comprise que s'il est possible d'en prédire des continuations probables (et même possibles). Ainsi, les schémas comprennent les continuations les plus probables à partir d'une situation présente. Cette information permet à *Observateur* de gérer un mécanisme de *prédiction*. Une interprétation appropriée permet de donner une signification stratégique à un schéma ; la représentation de *stratégies* permet à *Observateur* d'expliquer ainsi le *pourquoi* de certains événements dynamiques.
Ces idées ont été appliquées et implémentées pour décrire et interpréter des scènes dynamiques dans le monde des matchs de football. Une des informations source a été une séquence d'images numérisées, d'un véritable match de football. Le prototype *Observateur* peut alors transformer automatiquement cette information en filmbits, décrire des scènes dynamiques, calculer des prédictions et identifier des stratégies.
Un système (non-implémenté) a appliqué les mêmes techniques pour la représentation, l'interprétation et la compréhension de manifestations politiques, opposant en général manifestants et police.
Notre intérêt principal est le développement de méthodes de représentation et de mécanismes de description et d'interprétation de scènes dynamiques. Une application immédiate pourrait être l'indexation d'une séquence d'images qui représente un événement dynamique. En particulier, nous avons développé une indexation très complète, en temps réel, basée sur des critères *émotionnels*, où nous utilisons une implémentation d'une théorie des émotions, qui peut décrire différents observateurs.

Projets apparentés. Un projet d'étiquetage des actions typiques d'un match de football américain, est en cours de développement au MIT. Le projet VITRA, DFKI, Saarbrücken (que nous remercions d'avoir mis à notre disposition les images numérisées), propose un mécanisme pour décrire des scènes dynamiques en langage naturel.

Bibliographie
[1] D. Sol, « Représentation et compréhension d'événements dynamiques », Mémoire de DEA, Université de Savoie, 1993
[2] D. Sol, L. Siklóssy, « A Temporal Representation for Modelling Dynamic Events », Workshop on Spatial and Temporal Reasoning, ECAI '94, pp37-43, 1994
[3] L. Denoue, « Représentation d'émotions dans un contexte dynamique », Mémoire de DEA, Université de Savoie, 1996

LIM — ÉQUIPE LOGIQUE

Laboratoire d'Informatique
de Marseille,
CNRS URA 1787-CMI
Université de Provence
39 rue Joliot Curie,
13453 Marseille Cedex 13
responsable : Camilla Schwind
http://www.lim.univ-mrs.fr/
contact : Robert Jeansoulin, Belaïd Benhamou
email: <Prenom>.<Nom>@lim.univ-mrs.fr
Tél. : 04 91 11 36 00
Fax : 04 91 11 36 02

Cadre général, mission de l'équipe, composition de l'équipe
Le LIM possède une équipe « Logique, Représentation de la Connaissance », dont les points forts sont l'étude de la non-monotonie, des théories du changements (Logic and Change) et des classes polynomiales (problème SAT et CSP). Les représentations du temps et de l'espace font partie de ces études et se sont renforcées avec l'appartenance de plusieurs chercheurs au GdR Cassini et le rapprochement avec des chercheurs du LIM en bases de données. Deux activités principales de cette équipe concernent le raisonnement spatial et temporel :
• les travaux sur la complexité algorithmique en CSP temporels ;
• les travaux sur le raisonnement qualitatif dans les systèmes d'information géographique.

Les symétries dans les CSPs temporels
Les symétries en calcul propositionnel

[1,2] et dans les CSP discrets [3,4] ont été largement étudiées, notamment par Benhamou, Sais et Siegel. Elles sont plus générales que l'interchangeabilité définie par Freuder, et ont donné d'excellents résultats sur des problèmes réels, tels que la résolution du problème de Ramsey 16 (et la preuve que les Ramsey n, avec $n \geq 17$, n'avaient pas de solution), qui était jusqu'alors ouvert.

Nous avons étendu l'étude des symétries aux CSP temporels de Allen [5], qui sont des CSP qualitatifs, dont les variables représentent des intervalles, et les contraintes des relations qualitatives de Allen sur des paires de ces variables. Pour ces CSP, nous définissons une symétrie comme étant une permutation de l'ensemble des variables qui laisse invariant le CSP, et de telle façon que si deux variables x et x' ont pour images respectives y et y' alors l'étiquette de l'arc (x, x') est la même que celle de l'arc (y, y'). Ainsi, durant la recherche de solutions, si une instanciation de l'arc courant aboutit à une inconsistance alors si le CSP étiquetant le nœud courant de l'arbre de recherche présente une symétrie, et si l'image de l'arc en cours d'instanciation est (y, y'), la sous-étiquette de cette image correspondant à la sous-étiquette ayant échouée peut être supprimée sans affecter l'ensemble des solutions.

L'étude a été étendue aux cycles de symétrie, qui, quand ils se présentent, permettent de réduire l'étiquette de toute une chaîne d'arcs.

Aussi, nous envisageons l'extension des symétries aux CSP temporels quantitatifs de Dechter, Meiri et Pearl ; une telle extension nous permettrait, entre autres, de voir le comportement des symétries sur des problèmes réels, tels que les problèmes d'ordonnancement de type « job shop », pour lesquels les CSP temporels quantitatifs s'adaptent très bien.

Raisonnement spatial et systèmes d'information géographique

Dans les systèmes d'information géographique, la représentation des données privilégie de manière quasi exclusive, l'information dont la référence spatiale est fournie sur une base géométrique. Soit des cartes vectorielles numérisées (listes de coordonnées pour les points, lignes et contours de surfaces), soit des matrices de « pixels » associées à des surfaces au sol, également connues par les coordonnées de leurs contours. Pourtant de nombreuses informations spatiales sont disponibles et souvent très utiles, sans que la géométrie associée ne soit connue. Par contre, on peut connaître les relations spatiales que ces informations entretiennent entre elles ou avec des données géométriquement connues. La représentation de ce type de connaissance est importante dans les applications qui souhaitent en tirer parti en même temps que des autres données du SIG. Pour permettre la mise en œuvre d'un tel type de raisonnement, il est nécessaire de modéliser les contraintes spatiales les plus généralement rencontrées dans ces types d'applications. Dans l'approche choisie, deux familles de travaux de l'IA sont concernées : les algèbres de contraintes de type Allen et les logiques modales.

Résultats obtenus

Treillis d'algèbres de contraintes « topologiques » [7] : utilisation pour la représentation de cadres spatiaux rencontrés en information géographique. L'algèbre des 13 relations de Allen fait apparaître trois familles sous-jacentes de relations : celles qui nécessitent la relation d'ordre, celles qui nécessitent le partage, celles qui nécessitent le contact. Il est intéressant d'étudier séparément — ou deux à deux — ces trois familles. L'ensemble constitue un treillis d'algèbres : au total huit « sous-algèbres ». Les restrictions de l'ensemble d'axiomes d'Allen pour chaque sous-algèbre sont définies. Une intuition est donnée dans chaque cas, pour les types de modèles possibles. Trois « cadres spatiaux » sont plus particulièrement détaillés : la notion de partition spatiale (ex. : découpage administratif), la notion de territoire (limites floues se chevauchant), la notion de bassin versant (ordre partiel sur l'espace). Le cas des partitions imbriquées est également un cas d'ordre superposé au spatial.

Les logiques modales sont utilisées [6] pour leur pouvoir expressif plus « lisible » et comme passerelle vers le raisonnement non-monotone des défauts, qui a également fait l'objet d'une représentation en logique modale. Les trois opérateurs modaux concernés et leurs duaux, sont directement associés aux trois relations de base citées ci-dessus : contact, partage et ordre.

Bibliographie

[1] B. Benhamou, L. Sais, « Tractability through symmetries in propositional calculus », *Journal of Automated Reasoning* 12:89-102, 1994

[2] B. Benhamou, L. Sais, « Theoretical study of symmetries in propositional calculus and applications », Actes 11th CADE, pp281-294, New York USA, 1992

[3] B. Benhamou, « Study of symmetry in Constraint Satisfaction Problems », in Proceedings of PPCP'94, Orcas Island Resario, Washington USA, 1994

[4] B. Benhamou, « Theoretical study of dominance in constraint satisfaction Problems », Actes AIMSA-94, pp91-97, Sofia, Bulgaria, 1994

[5] B. Benhamou, A. Isli, « Study of symmetry in Interval network solving algorithms: theoretical and experiment results », LIM rapport de recherche 186, 1996

[6] R. Jeansoulin, C. Mathieu, « A Modal Logic for Spatial Hypothesis », Actes JEC'95, 1995

[7] R. Jeansoulin, « A Constraint Oriented Model for Spatio-Temporal Data (a constructive approach) », soumis à SSD'97, 1997

LIMI

Université de Bretagne Occidentale,
Département d'informatique,
Équipe LIMI,
6 avenue V. Le Gorgeu,
BP 809, 29285 Brest cedex
http://doelan-gw.univ-brest.fr:8080/
responsable : L. Marcé
contact : D. L'Her (lher@univ-brest.fr)

L'axe de recherche Langages et Interfaces pour Machines Intelligentes (LIMI) prend place dans l'équipe d'accueil n°2215. Son thème fédérateur est l'étude des langages, interfaces et environnements informatiques pour la commande et l'exploitation des machines intelligentes ou non, avec comme applications les langages de spécification et

de contrôle d'exécution pour le temps réel, les méthodes et les langages de spécification pour la productique, les architectures logicielles pour la robotique.

Vérification de propriétés temporelles sur un langage de contrôle commande

Le grafcet est un langage graphique dédié à la modélisation du comportement de la partie commande d'un système automatisé. Pour la plupart des applications modélisées, certains comportements ne doivent jamais être rencontrés car ils conduisent à des situations aberrantes voire dangereuses. Vérifier des propriétés sur des programmes grafcet est donc nécessaire. À cette fin, nous avons modélisé le grafcet dans des formalismes auxquels un outil de vérification est attaché.

Lorsque ce travail a débuté, le temps n'était pas pris en compte de manière quantitative. Pourtant au niveau du grafcet, il joue un rôle important à travers les temporisations : il est souvent utilisé pour synchroniser différentes parties opératives. Sa prise en compte doit permettre d'une part le calcul de contraintes temporelles, de temps de cycle d'autre part de vérifier des propriétés « classiques » (ne comportant pas de temps) sur des grafcets comportant des temporisations.

Tout d'abord nous avons essayé d'introduire le temps dans les modélisations qui avaient déjà été données pour le grafcet au sein de l'équipe [1] : le langage SIGNAL, les systèmes de transitions. L'hypothèse suivante a alors été faite : un pas de cycle dans le cas de SIGNAL, le franchissement d'une transition dans celui des systèmes de transitions représente une unité de temps. Ceci nous a permis de vérifier des propriétés temporelles lorsque le grafcet ne comportait pas plus de deux temporisations et avec de petits délais. En effet cette modélisation du temps conduit à une croissance exponentielle du nombre d'états.

Aussi nous nous sommes tournés vers des formalismes qui dès leur définition prennent en compte le temps physique. Nous avons ainsi modélisé le grafcet grâce aux automates temporisés [2], exprimé les propriétés en logique TCTL et utilisé le model checker KRONOS. Grâce à cette méthode, nous avons pu vérifier des propriétés sur des applications de taille moyenne comme par exemple la cellule de production KORSO.

Bibliographie

[1] D. L'Her, P. Le Parc, L. Marcé, « Modeling and proving grafcets with transition systems », 2nd AMAST workshop on « Real-Time Systems and Project Modèles et Preuves », Bordeaux, 1995

[2] D. L'Her, P. Le Parc, L. Marcé, « Modélisation et vérification du grafcet », Modélisation des systèmes réactifs, Brest, 1996

LIMSI — ÉQUIPE RITES

LIMSI-CNRS - Université Paris-Sud
BP 133, 91403 Orsay Cedex
http://www.limsi.fr/Individu/ligozat/
responsable : Gérard Ligozat (ligozat@limsi.fr)

participants ; Gérard Ligozat, Xavier Briffault, Lidia Fraczak, Marie-Rose Gonçalves, Jacek Marciniak, Jérôme Vapillon, Agnès Gryl, Vincent Le Guen, Zenaïda Tucsnak, Irandoust Hengameh, Eleni Galiotou

La problématique du raisonnement spatial et temporel

De nombreuses applications mettent en jeu des connaissances de nature qualitative sur le temps et l'espace : en planification, une action doit en précéder une autre ; dans les tâches de diagnostic, une augmentation brusque de la température est significative si elle ne survient pas après la mise en route d'un dispositif de chauffe ; dans un dispositif de guidage automobile, on demande au conducteur de tourner à gauche en face de la grande tour, etc.

L'automatisation de ces différents domaines implique donc que l'on sache représenter ces données qualitatives, et modéliser les raisonnements que l'on peut faire à leur propos.

Par ailleurs, l'utilisation du langage naturel pour communiquer l'information temporelle et spatiale implique une connaissance approfondie de la façon dont ces données sont représentées dans le langage, et dont elles sont mises en œuvre dans des tâches spécifiques.

Représentation des connaissances temporelles et spatiales

Un formalisme très utilisé pour le raisonnement temporel est celui d'Allen, dans lequel on raisonne sur des intervalles temporels liés par des relations qualitatives (par exemple, un intervalle peut en chevaucher un autre, sans que l'on ait d'indications sur la durée de chacun d'entre eux). Plus généralement, on peut être amené, par exemple lorsqu'on s'intéresse à des activités répétitives, ou à des processus qui comportent des phases de repos et des phases d'activité, à raisonner sur des suites d'intervalles : c'est dans cette optique qu'a été conçu le formalisme des intervalles généralisés. Pour le raisonnement spatial, de nombreux formalismes sont en cours de développement. Ils diffèrent en particulier par le type de relation qu'ils s'attachent à représenter : directions (le campus est au nord de la ville), topologie (le campus jouxte le parc d'attractions), distance qualitative (le laboratoire est à proximité du restaurant).

Algorithmes et complexité du raisonnement temporel et spatial

Parmi les problèmes fondamentaux en raisonnement temporel et spatial figurent celui de la cohérence des données et la détermination de scénarios. Par exemple, si l'on a une série de mesures de valeurs physiques attachées à des intervalles de temps partiellement connus, le problème de cohérence consiste à savoir si ces données sont compatibles (ou si on est certainement en présence d'erreurs).

Les problèmes correspondants sont NP-complets dans le cas général, ce qui rend intéressante la détermination de sous-classes de problèmes où existent des algorithmes polynomiaux. Dans le cadre des intervalles généralisés, G. Ligozat a mis en évidence l'existence de telles sous-classes, qui possèdent par ailleurs des propriétés remarquables (possibilité de déterminer des scénarios sans retour arrière). Le travail de thèse de Z. Tucznak vise à étendre ces investigations à d'autres types de calculs temporels et spatiaux.

Temps et aspects dans les textes
De très nombreux travaux, tant en linguistique théorique qu'en linguistique computationnelle, ont été consacrés à l'étude de la façon dont la langue exprime les relations temporelles et aspectuelles au niveau de la phrase. L'étude du niveau textuel est moins développée, et exige que soient intégrés des éléments qui relèvent également d'aspects pragmatiques et rhétoriques. Le travail de thèse de H. Irandoust propose un formalisme unique qui permet la prise en compte simultanée de ces aspects et leur articulation avec le niveau phrastique. C'est également au niveau textuel que travaille E. Galiotou, qui cherche à mettre en évidence les liens de causalité dans de courts récits de presse.

Sémantique des expressions spatiales
Les travaux de X. Briffault portent en particulier sur la sémantique des expressions spatiales et sur l'utilisation de ces dernières dans le dialogue spatial, soit à propos de scènes statiques (description de situations d'objets fixes, regroupement d'objets, choix de points de vue), soit dans un contexte d'objets en déplacement.

Description d'itinéraires
Les descriptions d'itinéraires en langage naturel constituent un exemple important où un texte sert de base à l'exécution d'une tâche de nature spatiale. Le travail de thèse d'A. Gryl a abouti aux spécifications d'un système visant à la génération automatique de ce type de discours.
Partant du corpus mentionné plus haut, L. Fraczak s'est attachée à l'étude des connaissances nécessaires à la production de croquis schématiques représentant tout ou partie d'un itinéraire, à partir d'un fragment de description linguistique. Son travail propose deux niveaux de représentation, appelés niveau linguistique et niveau conceptuel, ce dernier servant d'entrée à la génération schématique.

Enfin, M.-R. Gonçalves et A. Gryl se sont attachées à mettre en évidence les besoins de l'application que représentent les descriptions d'itinéraires en termes de représentation et de raisonnement.

Guidage d'agents dans un monde virtuel
Le travail de J. Marciniak étudie le traitement des informations spatio-temporelles perçues par un agent cognitif plongé dans un monde virtuel. L'agent cognitif considéré possède une capacité de perception simulée de son environnement (de type bureau) et reçoit des indications en langage naturel qui l'aident à suivre un itinéraire dans cet environnement.

Application à l'enseignement des langues
Dans le cadre de l'enseignement des langues, Jérôme Vapillon examine la relation entre les expressions spatiales et les connaissances syntaxiques, sémantiques et pragmatiques qu'elles dénotent, dans le cadre en particulier d'une description de scène ou de dialogue spatial.

LIPN

Laboratoire d'Informatique de Paris Nord
CNRS URA 1507
Université Paris 13,
boulevard Jean-Baptiste Clément,
93430 Villetaneuse
contact : Sylviane R. Schwer
(schwer@lipn.univ-paris13.fr)

Dépendances temporelles : les mots pour le dire
Un intervalle peut représenter plusieurs types d'informations : on peut être intéressé par :
• sa durée, il faut alors lui associer une unité et une longueur relativement à cette unité,
• sa situation physique, il faut alors l'amarrer à une « origine ».
Dans les rapports qui lient deux intervalles entre eux, si ces deux types d'information peuvent permettre de définir ces rapports par contrainte, ce ne sont ni leur durée respective ni leur situation physique qui les représentent le mieux mais plutôt une représentation de ce rapport indépendamment de leur propre définition. Allen a mis en évidence 13 relations de base entre deux intervalles, qui sont les atomes de l'algèbre A_2. La généralisation à n intervalles concerne l'algèbre des intervalles A_n.

Nous proposons de générer les algèbres de Allen, ainsi que les extensions aux chaînes d'intervalles de Yu et Ladkin, sous la forme de langages formels et de transducteurs rationnels. Nous montrons alors que les problèmes de contraintes temporelles, traitées généralement par des graphes de contraintes, sont exprimables comme intersection de langages rationnels. Nous avons en particulier prouvé les propositions :
• le langage associé à un ensemble de contraintes est l'ensemble de tous les scénarios cohérents avec l'ensemble des contraintes.
• un ensemble de contraintes temporelles est inconsistant si et seulement si le langage associé est vide.
• l'information est complète si et seulement si le langage associé est réduit à un mot.
• un ensemble de k intervalles généralisés peut être utilisé comme calendrier si et seulement si les facteurs gauches du langage de contraintes associé sont inclus dans l'ensemble des facteurs gauches du langage de Dyck sur k lettres (langage bien parenthèsé sur k parenthèses).

Utiliser les langages rationnels permet entre autre :
• d'utiliser des algorithmes de reconnaissance de motifs dans les mots (voire dans les graphes),
• maintenance continue de la consistance,
• de n'avoir aucun bruit,
• prise en compte des problèmes de datation de façon homogène : par morphisme de structures ordonnées,
• description naturelle du calcul événementiel,
• possibilité dans le calcul situationnel de traiter les événements dans un ordre quelconque, par insertion de nouveaux états antérieurs.
Nous avons également trouvé des « motifs » pour écrire les ensembles convexes de relation de façon réduite afin de faciliter les calculs sur les langages.
Par ailleurs, nous sommes en train de monter une équipe sur le temps au Centre de Recherche en Informatique de Paris 1, grâce au module « bases de données temporelles et spatiales » du DEA de bases de données de Paris 1 et

11. Settachai Jungjariyanonn, en première année de thèse, et moi-même avons utilisé ces mots temporels ainsi qu'une autre famille de mots temporels pour fournir des transducteurs rationnels rapides permettant de calculer l'union et la p-intersection de chaînes d'intervalles dont les extrémités sont datées.

Bibliographie
Sylviane Schwer, « Dépendances temporelles : les mots pour le dire », Rapport interne LIPN, Villetaneuse, 1997

LIRMM — ÉQUIPE CONTRAINTES

161, rue Ada,
34392 Montpellier Cedex 5
http://www.lirmm.fr/~bellicha/www-team/constraints.html
contact : Christian Bessière
(bessiere@lirmm.fr)
Tél. : 04 67 41 85 39

L'équipe Contraintes du LIRMM s'intéresse principalement au raisonnement par contraintes. Les travaux qui y ont été effectués depuis dix ans ont eu pour cadre le problème de la satisfaction d'un ensemble de contraintes portant sur des variables à domaines finis (CSP). En particulier, des résultats ont été obtenus sur les algorithmes de simplification de problèmes, les méthodes de recherche de solutions, et le traitement de contraintes particulières (fonctionnelles, etc.).

Le problème de la cohérence d'un réseau d'intervalles (algèbre de Allen) ayant de nombreux points communs avec les CSP, nous l'avons inclus dans nos thèmes de recherche. De par nos préoccupations dans les CSP, c'est naturellement vers les aspects algorithmiques que nous nous sommes penchés. Par exemple, nous avons proposé un nouvel algorithme de fermeture transitive dans les réseaux d'intervalles, qui améliore les performances des précédents algorithmes proposés par Allen, Vilain et Kautz, ou van Beek.

Bibliographie
[1] C. Bessière, « A simple way to improve path consistency processing in interval algebra networks », Proceedings AAAI'96, Portland OR, pp375-380, 1996
[2] C. Bessière, A. Isli, G. Ligozat, « Global consistency in interval algebra networks : tractable subclasses », Proceedings ECAI'96, Budapest, Hungary, pp3-7, 1996

LSR/IMAG — ÉQUIPE PLIAGE

Équipe Programmation Logique, Intelligence Artificielle et Génie Educatif,
LSR IMAG,
BP 53, 38041 Grenoble Cedex
Paul Amblard, Edmundo Palacios
({Paul.Amblard,Edmundo.Palacios}@imag.fr)

L'introduction de la notion de temps dans les études logico-linguistiques a reçu depuis des années, des traitements divers.

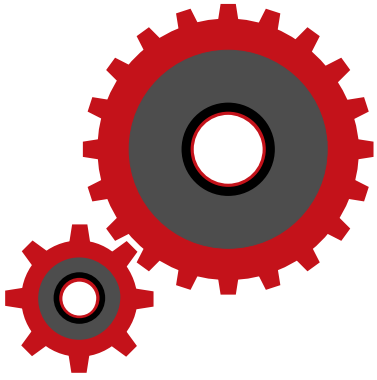
Dans ces études on trouve une division technique et méthodologique concernant les concepts qui peut être, à grandes lignes, formulée sous l'opposition : précision formelle contre notions définies informellement.
Par précision formelle nous considérons la possibilité de décider à partir des formes, soit symboliques soit grammaticales, si une chaîne des signes appartient ou non à une catégorie ou un concept déterminé. Cette décision se base normalement sur des règles de passage entre formules. Ces règles sont extérieures au système linguistique et portent principalement sur la syntaxe des formules. Elles sont fondées sur la sémantique des opérateurs logiques introduits.

D'autre part, dans les études d'inspiration linguistique, on trouve une telle quantité d'avis ou traitements de certains concepts faits de façon informelle, que la construction d'un modèle, au sens logique du terme, est une entreprise difficile à accomplir. Il suffit de nommer le cas de la catégorie de l'aspect. Cette difficulté peut être due à la complexité propre de l'objet d'étude : le langage et sa relation avec les temps. Dans notre travail nous présentons une approche qui vise à unifier les concepts issus de la linguistique avec ceux de la logique. Nous cherchons, comme avant nous Montague par exemple, à développer une analyse du langage basée sur les concepts de la théorie des types. Le langage étudié se restreint aux catégories liées au temps.

Comme les approches syntaxiques visent à rendre compte d'une grammaire universelle des combinaisons au niveau syntaxique, nous cherchons une caractérisation des combinaisons sémantiques liées au temps.
Une implémentation logicielle de grande taille n'est pas envisagée pour le moment.

Un petit programme a été fait en Prolog III par un étudiant dans un projet d'été pour un micro-langage. La technique de vérification était originale puisque la cohérence entre deux types de représentations d'un même énoncé était entièrement vérifiée pas le « satisfacteur de contraintes » du moteur Prolog III.

Bibliographie
[1] P. Amblard, E. Palacios, « The basic principles of a logical frame for time modelling in natural language », Actes 6ème International conference on Artificial Intelligence, Methodology Systems, Applications (AIMSA'94), Sofia, Bulgarie, pp353-362, 1994



SIMADE — DÉPARTEMENT INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT

École des Mines,
158 cours Fauriel,
42023 Saint-Étienne Cedex 02
http://www.emse.fr/
contact : Mireille Batton-Hubert,
Didier Graillot (mbatton@emse.fr)
Tél. : 04 77 42 00 93
Fax : 04 77 42 66 66

Cadre général, objectifs, collaborations principales

Le département d'ingénierie de l'environnement (D.I.E.) depuis sa création en 1991, a développé des activités de conception et de développement de méthodes informatiques avancées pour l'aide à la décision dans le secteur éco-industriel de l'environnement. Le département a acquis des compétences dans la maîtrise des risques liés aux aménagements territoriaux et infrastructures de transport, l'étude et la simulation de la migration de polluants dans le sol, les techniques de la réhabilitation de sols pollués, la supervision et détection des dysfonctionnement de systèmes automatisés, les techniques de traitement et de valorisation des déchets, la conception d'outils d'aide à la conduite de projets d'aménagement des collectivités locales. Le savoir-faire du D.I.E. est pluridisciplinaire et rassemble des compétences en chimie, sécurité industrielle, en hydrologie/hydrogéologie, en gestion des déchets, en bioprocédés et en informatique. Les activités de recherche sont étroitement liées et impliquent le développement et l'utilisation d'outils de modélisation, d'aide à la décision et d'enseignement assisté par ordinateur qui font appel aux avancées récentes des systèmes d'information géographique, de l'intelligence artificielle et des systèmes experts. Le D.I.E. a développé de nombreuses collaborations universitaires et industrielles. On citera l'Anvar, le ministère de l'Environnement, la CGE, la région Rhône-Alpes, EDF, l'Ademe, Spie-Trindel… D'autre part le département est pilote sur le Centre de Ressources en Système d'Information Géographique du XI Contrat Plan État-Région Rhône-Alpes.

Problématiques considérées

Pour la maîtrise spatiale des risques liés aux aménagements territoriaux et en particulier aux problèmes de pollution et aux inondations, il est nécessaire d'avoir des outils d'aide à la décision qui intègrent 3 étapes : l'identification du risque, l'évaluation qualitative du risque et enfin son évaluation quantitative et sa prévision. Cette dernière étape utilise la détermination et la simulation d'état critique. L'identification du risque utilise 2 types de représentation de la connaissance : l'environnement du phénomène décrit par des données du système eau-activités humaines et les informations concernant les processus associés à cet environnement. Lorsque l'on aborde un système complexe pour évaluer les risques réels, la question est de savoir comment le raisonnement temporel et la liaison entre le temps et l'espace peuvent être pris en compte et intégrés dans les systèmes d'information géographique. Il s'agit alors de faire cohabiter des données qualitatives et quantitatives dans un même raisonnement mais aussi de pouvoir associer des échelles de temps différentes pour un même processus simulé. L'objectif est de fournir une réponse adaptée pour une situation de crise dans un laps de temps inférieur au temps utile pour déclencher le plan d'évacuation. Cette problématique du raisonnement espace-temps est commun à l'ensemble des problèmes de prévision et de détection avec déclenchement de plans d'action par exemple pour les inondations, la pollution accidentelle, la pollution atmosphérique, le dysfonctionnement de réseau d'assainissement.

Projets représentatifs

Un aspect de cette problématique spatiale et temporelle est développé dans l'élaboration d'un guide méthodologique pour la gestion des ressources en eau sur le Parc Naturel et Régional du Pilat. Ce projet a pour objectif de fournir un outil d'aide pour la gestion des usages de l'eau à l'échelle communale (élus) et contribuer ainsi à une gestion concertée de l'eau sur le parc. D'un point de vue informatique l'outil dispose d'un système générique, le système d'information géographique dont l'architecture permet l'échange entre un système expert d'aide au choix d'un système d'assainissement autonome des eaux domestiques en milieu rural. Le second volet, en cours de développement, est consacré à l'évaluation des risques de pollution des eaux souterraines et des eaux de surface en fonction des activités humaines (agriculture, assainissement, trafic routier…). Il s'agit de faire communiquer des raisonnements spatiaux qualitatifs et quantitatifs et des modèles hydrodynamiques de simulation dans un environnement spatial implémenté dans le SIG. Une autre application développée avec la société Rhea concerne l'architecture d'un système de prévision des crues de rivières à partir des précipitations extrêmes. Elle consiste à établir un système informatique hydrologique, météorologique géoréférencé permettant la maîtrise des risques à partir des images radar et la cartographie évolutive des zones rapidement inondables. Elle met en évidence la nécessité d'avoir une adéquation entre les échelles d'acquisition des données de pluie et du temps de propagation physique de la crue. Ce projet coïncide avec l'installation du radar hydrologique de Sambadel dans la Loire.

Bibliographie

[1] F. Allignol, G. Vitel, B. Etlicher, D. Graillot, « Qualitative hydrogeological Modelling of Impacts of Gravel extraction on a River: Application to the Loire Upstream, France », *Terra Nova* 7:294, 1995

[2] D. Graillot, R. Déchomets, M. Fropier (1995). « Système d'Information pour un Guide Méthodologique de Gestion des Ressources en Eau du Parc du Pilat », Séminaire International pour la Gestion de l'Espace et la gestion de l'Environnement : nouveaux outils, nouvelles pratiques, Saint-Étienne, France, 1995

[3] M. Zelfani, Ph. Beaune, D. Graillot, R.M. Faure (1995). « Traitement de la diversité sémantique de l'information géomatique pour la conception de systèmes à base de connaissances spatiales », Secondes Journées de la recherche du GDR 1041 du CNRS CASSINI'95. Marseille, 1995

[4] D. Graillot, W. Anker (1994). « Influence of Agricultural Practices and Disposal of Domestic Waste Water on Protective Zones. Partner Regions Workshop : Groundwater Resources Management, Groundwater Contamination and Impact on Surfaces Waters », Stuttgart, Allemagne, 1995.

[5] P. Voignier, D. Graillot, « Détection d'anomalies de fonctionnement en réseau d'assainissement », Colloque H2O « L'Intelligence Artificielle au service de l'Eau », Grenoble, 1993