
La modélisation logique dans les nouveaux systèmes d'information et de communication

Robert Demolombe* — Luis Fariñas del Cerro**

* ONERA Toulouse
2, avenue E. Belin
31 055 Toulouse Cedex
Robert.Demolombe@cert.fr

** IRIT
118, Route de Narbonne
31 062 Toulouse Cedex
farinas@irit.fr

RÉSUMÉ. La logique a une longue histoire, et sa formalisation mathématique a joué un rôle capital dès les débuts de l'informatique. On montre quelle a été sa contribution dans deux domaines d'application : les bases de données et la gestion du dialogue homme-machine. La démarche de la modélisation logique est ensuite présentée en quatre étapes : analyse informelle des propriétés logiques des notions élémentaires, formalisation, automatisation des raisonnements, et expérimentation. Enfin, on propose d'appliquer cette démarche aux futurs systèmes d'information et de communication en partant de la notion centrale d'interaction entre les agents, humains ou artificiels, constituant ces systèmes.

ABSTRACT. Logic has a long history, and its mathematical formalisation played a central role from the start of Computer Science. We show how mathematical logic has contributed to two application domains: databases and man-machine dialogue management. The logic modeling approach is presented in four steps: informal analysis of logical properties of basic concepts, formalisation, automated reasoning, and experiments. Finally, it is proposed to apply this approach to future Communication and Information Systems, using the concept of interaction between human being agents and artificial agents as a central concept.

MOTS-CLÉS : Modélisation logique, déduction automatique, systèmes d'informations

KEYWORDS: Logic modeling, automated reasoning, information systems

1. Introduction

La logique est fortement liée à l'informatique, aussi bien par ses pères fondateurs, comme von Neumann ou Turing, que par la définition de nouveaux langages de pro-

grammation, par exemple, LISP ou PROLOG. La caractérisation effective de la notion intuitive de calculabilité a permis de préciser ce qu'il est possible de faire calculer par l'ordinateur avec un programme. Le modèle de calcul proposé par Turing, d'une grande simplicité, est devenu, suite à la thèse de Church, le modèle de référence pour la notion de fonction calculable. Par ailleurs Gödel a montré les limites formelles d'une telle définition. C'est ainsi, pas à pas que l'informatique a débuté au moment où toutes ces idées sur les fondements de la notion de calculabilité étaient en pleine ébullition. Tout au long de son histoire l'informatique a posé de nouveaux problèmes à la logique dont les solutions ont permis de grandes avancées de l'informatique dans des domaines aussi variés que la fiabilité du logiciel ou la compréhension du langage naturel. Nous aimerions rappeler comme exemple remarquable la définition du langage PROLOG, pour lequel les premiers résultats théoriques obtenus par Herbrand dans les années 30 ont permis, suite aux travaux de Robinson sur l'unification dans les années 60, à Colmerauer¹, à Marseille, de définir un nouveau style de programmation connu comme la "programmation logique".

D'autre part, ces dernières années la problématique de la logique a été renouvelée par l'informatique, qui lui a rappelé que le raisonnement n'est pas seulement mathématique. Le caractère incomplet, incertain ou partiellement contradictoire des informations, qui doivent être manipulées par les ordinateurs, nécessite des types de raisonnements très variés. Ainsi on peut citer, parmi d'autres, le raisonnement hypothétique, le raisonnement en présence d'incertitude, ou le raisonnement temporel. La formalisation de ces types de raisonnement est un des problèmes essentiels qui est posé aujourd'hui à la logique. Dans ce sens, depuis quelques années, nous voyons se développer de nouveaux systèmes logiques, par exemple : les logiques sous-structurelles ou de nouvelles logiques modales. Un des domaines privilégiés d'étude concerne le raisonnement sur les connaissances incomplètes. Ce domaine est à l'origine d'une grande variété de formalismes, appelés non-monotones. Ces formalismes convergent vers un cadre unique, via un grand nombre de résultats d'équivalence. Un volet essentiel de la logique est la déduction automatique. Des résultats très significatifs ont été obtenus dans les dernières années, liés d'une part à une connaissance plus claire des logiques et d'autre part aux progrès qui ont été faits en déduction automatique.

Les nouveaux systèmes d'informations et communication, dont l'utilisateur est une partie intégrante, devraient être le domaine d'application privilégié de la logique, aussi bien par la richesse des connaissances qu'il faut manipuler, et qui nécessitent un grand pouvoir d'expression, que par la variété des opérations qu'il est nécessaire d'effectuer sur ces connaissances. Bien que les applications de la logique soient très nombreuses, cette note se limite à donner quelques indications sur les aspects méthodologiques de la logique, en tant qu'outil de formalisation des nouveaux systèmes d'information et de communication. Nous pensons que la formalisation de ces systèmes sera un des grands défis pour la logique dans les années à venir.

1. A. Colmerauer, Prolog and infinite trees. In K. Clark and S. Tarnlund, editors, Logic programming, Academic Press, 1982.

2. Exemples d'applications

Les systèmes informatiques doivent être conçus en prenant en compte les personnes qui les utilisent. En effet, de façon directe ou indirecte, chaque constituant d'un système est destiné à satisfaire les besoins d'un utilisateur. Il faut donc avoir une vision globale dans laquelle certains constituants sont des artefacts (systèmes logiciels et matériels), et d'autres sont des personnes. Même si, comme on le verra plus loin, des caractéristiques essentielles les distinguent, aussi bien les artefacts que les personnes ont en commun des propriétés fonctionnelles: 1) ils disposent d'informations qui sont représentées d'une certaine manière, 2) ils raisonnent² sur ces informations pour en tirer des conséquences, 3) ils interagissent entre eux et avec leur environnement. Ces points communs justifient de les considérer de façon homogène, et par la suite on utilisera le terme agent³ pour désigner indifféremment les uns ou les autres.

Pour ces trois fonctionnalités la modélisation en logique est particulièrement bien adaptée et jouera un rôle privilégié. En effet, pendant plus de vingt siècles la représentation et le raisonnement ont été l'objet de réflexion des philosophes logiciens. Les questions relatives aux rapports entre les énoncés d'un langage et ce qu'ils nous apprennent sur le monde, ainsi qu'aux choix des règles de raisonnement, ont été étudiées de façon très approfondie. Plus récemment, la notion d'action, qui ici est indispensable pour modéliser les interactions entre agents, a aussi été analysée en détail, soit du point de vue de la communication, soit du point de vue de la causalité. D'autre part, depuis la deuxième moitié du XIX-ème siècle de nombreux travaux ont essayé de donner une expression mathématique aux questions étudiées par les philosophes logiciens. Aux débuts leurs motivations étaient principalement de formaliser les fondements des mathématiques, mais depuis les années 50 de nombreux travaux en logique mathématique ont eu pour but de formaliser les raisonnements qui font intervenir des notions telles que: croyance, connaissance, intention, action, droit, obligation, temps,...etc. Autant de notions qui jouent un rôle central quand on veut concevoir des systèmes informatiques en termes d'agents.

Nous allons voir plusieurs exemples où la modélisation en logique a apporté une contribution importante.

Dans le domaine des bases de données on peut considérer le système de gestion de la base de données comme un agent dont la base constitue les informations dont il dispose. Jusqu'au début des années 70 il n'y avait pas de distinction claire et explicite entre le contenu de la base en tant qu'ensemble d'informations, et les supports matériels utilisés pour représenter les informations. Les travaux du courant dit "Logique et Bases de Données"⁴ ont pris comme point de départ que les informations

2. Quand les informations portent sur des nombres on parle plutôt de calcul que de raisonnement, et de résultats plutôt que de conséquences.

3. On ne donne pas ici au terme "agent" toutes les connotations spécifiques qu'on lui attribue dans les "systèmes multi-agents" ou en "intelligence artificielle distribuée".

4. H. Gallaire, J. Minker, and J-M. Nicolas. Logic and databases: a deductive approach. ACM Computing Surveys 16(2), 1984.

sont représentées par des énoncés de la logique du premier ordre, ce qui leur donne un sens précis et indépendant de la représentation matérielle des informations. Cette modélisation a permis de clarifier des questions de représentation telles que : l'absence d'une information doit-elle être considérée comme équivalente, ou non, à la présence de la négation de cette information. Il a été mis en évidence de façon très claire que, si on accepte cette équivalence, on peut obtenir des contradictions si certaines informations contiennent des disjonctions. Une autre question de représentation concerne la signification des "valeurs nulles". La représentation des informations en logique permet d'exprimer qu'une information contenant une valeur nulle notée "-", telle que $p(a, -)$, peut signifier qu'il existe un x , mais qui n'est pas connu du système, tel que $p(a, x)$, soit $\exists x p(a, x)$, ou bien qu'il n'existe pas de x tel que $p(a, x)$, soit $\neg \exists x p(a, x)$.

D'autre part, le fait de représenter en logique les informations d'une base de données a permis, principalement au cours des années 80, de représenter des informations plus complexes que des formules atomiques, comme c'était le cas avec les bases de données traditionnelles, contenant des variables quantifiées et des connecteurs logiques. Ceci a permis un plus grand pouvoir d'expression, en particulier de pouvoir définir des prédicats récursivement. Ces bases ont été appelées les "bases de données déductives".

Pour la formulation des questions, la logique permet de caractériser les objets qu'on recherche de façon purement déclarative. De plus cette représentation des questions a permis de concevoir assez naturellement des réponses de types différents⁵, qui au lieu d'être extensionnelles (ensemble d'objets), peuvent être intensionnelles (ensemble de propriétés que satisfont ces objets). Cependant l'utilisation de la logique pour exprimer les questions a posé un problème nouveau. En effet, il est possible d'exprimer des questions qui n'ont pas de signification intuitive bien définie, parce que l'ensemble dans lequel certaines variables prennent leur valeurs n'est pas explicité dans la question. Par exemple, dans la question $\neg p(x)$, on ne sait pas dans quel ensemble sont pris les x qui ne satisfont pas $p(x)$, tandis que dans la question $r(x) \wedge \neg p(x)$ cet ensemble est explicité par $r(x)$. Il a été montré que la classe des formules qui ont un sens intuitif (les formules "domain independent") est une classe indécidable, et que cette classe coïncide avec la classe des formules qui sont équivalentes à des formules de l'algèbre relationnelle. Le problème pratique a alors été de trouver des caractérisations décidables⁶, les plus larges possibles, d'un sous-ensemble de cette classe indécidable.

Dans le domaine du dialogue entre une personne et un système d'information, les raisonnements réalisés par les deux agents : personne et système d'information, et leurs interactions, constituent un autre d'exemple de modélisation en logique.

5. R. Demolombe and T. Imielinski, editors, *Nonstandard Queries and Nonstandard Answers*, Oxford Science Publications, 1994.

6. R. Demolombe, *Syntactical characterization of a subset of Domain Independent formulas*, *Journal of ACM*, 39(1), 1992.

Les croyances, connaissances, intentions et actions des agents sont formalisées dans des logiques modales. La formalisation consiste à définir comment les agents raisonnent sur ces notions. Par exemple, du fait qu'un agent croit p , il peut en déduire qu'il croit $p \vee q$, mais du fait qu'il croit $p \vee q$, il ne peut en déduire qu'il croit p ou qu'il croit q . Ou bien du fait que p implique q , et qu'un agent a l'intention que p , on ne peut en déduire qu'il a l'intention que q . Les actions que réalisent les agents sont ici des actes de communication qui peuvent avoir divers statuts illocutoires, par exemple : informer ou demander. Leur formalisation définit à quelles conditions ils peuvent être réalisés (pré-conditions), et les conséquences du fait qu'ils ont été réalisés (post-conditions). Par exemple, une pré-condition pour qu'un agent informe un autre agent que p est vrai est que l'émetteur ne croit pas que le récepteur croit p , et une post-condition est que le récepteur croit p . Les définitions des pré-conditions et post-conditions dépendent des hypothèses qu'on fait sur les attitudes des agents les uns par rapport aux autres dans le domaine d'application qui est modélisé. On peut, par exemple, faire l'hypothèse qu'ils ont confiance dans la sincérité des uns par rapport aux autres, ou bien dans leur crédibilité, ou bien les deux à la fois.

Pour que deux agents coopèrent de façon efficace il est très important qu'ils puissent connaître leurs intentions respectives. Ceci permet d'anticiper sur la suite du dialogue et de compléter des informations sous-entendues, ce qui facilite la communication. La reconnaissance des intentions est un problème difficile. Elle s'appuie sur l'hypothèse que les agents ont un comportement rationnel, et elle ne permet que de tirer des conséquences plus ou moins plausibles, mais pas certaines. Ces conséquences peuvent être remises en question par de nouvelles informations acquises au cours du dialogue. Ceci nécessite donc l'utilisation de raisonnement révisables, qui eux-mêmes peuvent être modélisés de différentes manières.

L'une des caractéristiques de la modélisation en logique, qui est bien mise en évidence dans l'exemple précédent, est qu'elle oblige les concepteurs à expliciter toutes les hypothèses concernant les principes choisis pour gérer le dialogue, et que si on veut les modifier il suffit de modifier les axiomes correspondants.

Cette modélisation a été appliquée au CNET⁷ pour la conception et la réalisation d'un prototype qui gère le dialogue oral entre un usager et le système, en vue d'aider l'usager à trouver des serveurs d'informations téléphoniques susceptibles de lui fournir les informations qu'il cherche. Les raisonnements du système sont réalisés par un démonstrateur automatique et les temps de réponse sont compatibles avec les besoins des usagers. Un autre domaine d'application, actuellement à l'étude, concerne la reconnaissance des intentions d'un pilote en interaction avec un avion, en vue soit d'aider le pilote, soit de s'assurer qu'il ne va pas enfreindre les procédures de pilotage.

7. M. D. Sadek, A study in the logic of intention, Proc. of the 3rd Conf. on Principle of Knowledge Representation and Reasoning (KR'92), 1992.

3. Démarche

Dans la démarche de la modélisation en logique la, ou les, logiques formelles utilisées peuvent être vues comme un outil qui permet d'exprimer le résultat de l'activité de modélisation. Les trois principales composantes en sont : 1) la syntaxe du langage formel, 2) la sémantique de ce langage, ou théorie des modèles, c'est-à-dire la définition des structures sur lesquelles sont évaluées les formules du langage et les conditions que doivent satisfaire ces formules pour leur assigner telle ou telle valeur de vérité, 3) la théorie de la preuve, c'est-à-dire les schémas d'axiomes et les règles d'inférence qui permettent de calculer les conséquences d'un ensemble d'hypothèses.

Dans la démarche elle-même on peut isoler un certain nombre d'étapes qui sont présentées ici de façon séquentielle uniquement pour des raisons didactiques.

La **première étape** consiste à isoler les concepts les plus élémentaires qui sont pertinents pour les types d'applications auxquelles on s'intéresse, et à analyser leurs propriétés logiques. Par exemple, si la notion d'action est pertinente, il faudra étudier s'il suffit de connaître les effets des actions, ou bien s'il faut connaître le, ou les, agents qui sont la cause des effets des actions. Si on ne s'intéresse pas à la causalité on peut accepter le fait que les tautologies soient vraies comme étant des effets des actions (comme ont fait en logique dynamique). Par contre, si on veut exprimer la relation entre un effet d'une action et l'agent qui en est la cause, on ne peut accepter qu'une tautologie soit vraie à cause de l'action réalisée par un agent. Pour exprimer la relation entre un agent et les effets de l'action qu'il a réalisée on distingue le plus souvent une condition exprimant que ce qu'a fait l'agent est suffisant pour obtenir cet effet, et une condition exprimant qu'il était nécessaire qu'il fasse ce qu'il a fait pour que cet effet soit obtenu (autrement dit, s'il n'avait pas fait ce qu'il a fait, l'effet aurait pu ne pas être obtenu). Ces deux conditions, nécessaires et suffisantes, sont communes à toutes les définitions d'opérateurs d'action du type "faire en sorte que"⁸. Mais l'analyse doit être poussée plus en détail selon qu'on veut exprimer que l'agent a agi de façon intentionnelle, ou bien par contrainte, ou en coopération avec d'autres agents,...etc. Ceci montre qu'il n'y a pas une définition universelle de la notion d'action, mais qu'il faut choisir la définition en fonction des problèmes qu'on veut résoudre.

On peut aussi illustrer en quoi consiste ce travail d'analyse avec la notion de "capacité" d'un agent à réaliser une action (ou à fournir un service). On voit facilement qu'on ne peut pas dire qu'un agent est capable de réaliser une action simplement parce qu'il a déjà réalisé cette action. En effet, il a pu la réaliser une fois sans être capable pour autant de la réaliser chaque fois qu'on le lui demande. Mais, d'autre part, dire qu'il est capable de réaliser une action ne signifie pas non plus qu'il est capable de la réaliser en toutes circonstances, mais uniquement dans des circonstances "normales". Une grande difficulté est alors de caractériser les conditions normales. Pour un agent artificiel une condition normale peut-être, par exemple, que l'alimentation électrique

8. On traduit ici par "faire en sorte que" les opérateurs appelés en anglais "to bring it about that" ou bien "to see to it that".

est branchée, pour un agent humain ça peut être qu'on est dans les tranches horaires de travail, ou qu'il n'est pas malade...etc, mais souvent il est impossible d'expliciter a priori toutes les conditions normales.

On voit que cette étape consiste à clarifier le sens des notions primitives utilisées dans les descriptions informelles des applications, en explicitant leurs propriétés logiques. Cette analyse est suivie dans l'étape suivante par une mise en forme mathématique qui permet une analyse plus rigoureuse et conduit souvent à remettre en question certaines propriétés.

Dans la **deuxième étape** il s'agit donc de choisir la logique formelle qui traduit au mieux les propriétés retenues dans la première étape, et d'étudier les propriétés formelles de cette logique : la cohérence, la décidabilité, l'adéquation et la complétude de l'axiomatique, le pouvoir d'expression...etc.

On a une grande liberté de choix pour définir une logique formelle⁹. Par exemple, pour définir la sémantique, on peut adopter les deux valeurs de vérité classiques, ou trois, ou quatre, ou une infinité, qui peuvent être structurées d'un grand nombre de façons différentes. Les formules peuvent être évaluées en considérant un seul "monde" (situation ou état), ou un ensemble de mondes liés par une relation à un monde donné (structures de Kripke), ou un ensemble d'ensembles de mondes, définis dans chaque monde par une fonction (modèles minimaux). Enfin, on peut avoir des domaines dans lesquels les variables prennent leurs valeurs, qui peuvent être différents, ou pas, d'un monde à l'autre.

On peut voir que le choix de la logique formelle qui traduit correctement des énoncés informels, qui sont intuitivement très clairs, peut poser de grosses difficultés, en considérant par exemple la notion d'obligation conditionnelle. Si on note Op le fait qu'il est obligatoire que p , et que l'on suppose l'opérateur O fermé pour la conséquence (logique modale normale), alors on ne peut formaliser quatre énoncés, proposés par Chisholm, qui sont cohérents et logiquement indépendants. Ces quatre énoncés sont de la forme : (a) il est obligatoire que p (obligation primaire), (b) si l'obligation primaire est violée, alors il est obligatoire que s (obligation secondaire), (c) si l'obligation primaire n'est pas violée, alors il est obligatoire que $\neg s$ (obligation secondaire), (d) on a $\neg p$ (l'obligation primaire est violée). Il a été montré que si O satisfait une logique modale normale, que les énoncés (b) et (c) soient exprimés sous la forme $\phi \rightarrow Op$, ou $O(\phi \rightarrow p)$ ¹⁰, on obtient toujours soit des redondances soit des incohérences. Ceci a nécessité de rechercher d'autres logiques déontiques pour exprimer les obligations conditionnelles.

La modélisation en logique formelle peut aussi faire apparaître des questions qui n'apparaissent pas de façon évidente au cours de l'analyse informelle. Par exemple, quand des agents échangent des informations plus ou moins confidentielles, la réglementation qui définit ce qu'un agent a la permission de connaître peut être incomplète (si un agent demande certaines informations à un autre agent la réglementation ne dit

9. D. M. Gabbay, editor, What is a logical system?, Oxford Science Publications, 1994.

10. Par exemple, l'énoncé (b) peut être exprimé sous la forme $\neg p \rightarrow Os$ ou $O(\neg p \rightarrow s)$.

pas s'il a la permission, ou non, de connaître cette information). Dans le cas où l'agent qui fournit l'information est un agent humain c'est lui qui décidera, en fonction des circonstances dans lesquelles il se trouve, de communiquer, ou pas, cette information. Mais dans le cas d'un agent artificiel ce sont les concepteurs de cet agent qui doivent décider a priori, au moment de la conception, et une fois pour toutes, de l'attitude de l'agent. Par exemple, en adoptant comme principe que tout ce qui n'est pas permis est interdit, ou l'inverse. Cette nécessité de distinguer entre agent humain et artificiel n'était pas évidente a priori.

La **troisième étape** consiste à automatiser les raisonnements dans la logique retenue. En effet, dès que le modèle logique devient complexe les raisonnements "à la main" deviennent impraticables. L'automatisation consiste principalement à choisir des méthodes, par exemple, la Méthode des Tableaux, ou le Principe de Résolution, et à définir des stratégies de preuve. Pour le choix des stratégies on se heurte principalement à deux difficultés : l'efficacité (qui peut être évaluée, par exemple, par la complexité dans le pire des cas), et la preuve d'adéquation et de complétude de la stratégie par rapport à la théorie de la preuve. On peut dans certains cas renoncer à la complétude, ou au contraire à l'efficacité, par exemple, pour analyser le système en cours de conception.

De nombreux systèmes de démonstration automatique existent pour la logique classique du premier ordre ainsi que pour certaines logiques modales¹¹.

D'autre part la plupart des systèmes sont conçus pour déterminer si une formule est conséquence d'un ensemble d'hypothèses, d'autres pour calculer l'ensemble des instances des variables pour lesquelles une formule est conséquence des hypothèses, d'autres enfin pour déterminer les hypothèses¹² les plus faibles qu'il suffit de rajouter pour pouvoir démontrer une formule donnée.

La **quatrième étape** peut être appelée "expérimentation". Elle consiste à choisir des exemples, à la fois simples et représentatifs, du domaine d'application, et à "interroger" le modèle pour vérifier qu'il a les propriétés souhaitées, ou qu'il n'a pas de propriétés indésirables. Par exemple, on peut avoir fait l'hypothèse que l'intention est fermée pour la conséquence et constater que ça conduit à des conséquences inacceptables, ou bien avoir accepté qu'il est équivalent de réaliser une action qui a pour effet $\neg p$ et de ne pas faire une action qui a pour effet p , alors que c'est inacceptable quand on veut rendre compte de la causalité.

11. L. Fariñas del Cerro and A. Herzig, Modal deduction with applications in epistemic and temporal logic. In D. Gabbay, C. J. Hogger and J. A. Robinson, editors, Handbook of Logic and Artificial Intelligence, Vol 4, Oxford University Press, 1995.

12. R. Demolombe and L. Fariñas del Cerro, An inference rule for hypothesis generation, Proc. of 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1991.

4. Défis du futur

La modélisation logique est particulièrement bien adaptée pour aborder les problèmes du futur qui concerneront de plus en plus l'organisation de la coopération entre des agents existants, et la prise en compte d'agents humains et/ou artificiels, dans une vision globale.

Pour cela il faut faire appel à des notions plus fines que les simples notions de données et d'opérations sur des données. Parmi ces notions nous pouvons distinguer celles qu'on utilise pour décrire les agents : les informations (croyances ou connaissances) dont ils disposent, les actions qu'ils sont capables de réaliser, qu'ils ont réalisées, ou qu'ils sont en train de réaliser, les buts ou intentions qui déterminent leurs choix, les obligations qu'ils doivent respecter, soit les obligations individuelles (engagements vis-à-vis des autres agents), soit les obligations générales (réglementations propres à un domaine, ou lois sociales). Les développements récents des logiques non-classiques permettent de formaliser ces notions.

Les exemples de grands domaines d'applications qui sont déjà apparus ces dernières années et qui se prêtent à cette approche sont nombreux. Par exemple, le commerce électronique où un problème crucial est de définir des protocoles d'interaction qui donnent suffisamment confiance à l'acheteur qu'il recevra bien la marchandise qu'il a payée, et au vendeur qu'il sera effectivement payé pour la marchandise livrée. Ou bien dans le domaine de la gestion du trafic aérien, où de plus en plus d'autonomie de décision sera donnée aux pilotes qui interagissent avec les équipements de l'avion, avec les contrôleurs du trafic, et éventuellement avec les autres pilotes. Dans le domaine de l'ingénierie concurrente, également, où il faut établir clairement la répartition des pouvoirs de décision pour la conception et la fabrication des produits, ainsi que les obligations et responsabilités des partenaires. D'une façon générale, pour ces types d'applications, et pour les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, nous pensons que la notion d'**interaction** jouera un rôle majeur.

Les problèmes scientifiques à résoudre seront considérables, et il faudra faire appel aussi bien à l'informatique, à la logique mathématique, ou à la philosophie analytique, comme nous l'avons indiqué précédemment, qu'à d'autres disciplines comme, par exemple, la linguistique, la psychologie ou le droit. Le programme scientifique esquissé dans cette note aura pour but de mieux comprendre les notions qui permettent de caractériser les agents et leurs interactions, de définir des logiques formelles correspondantes, ainsi que d'automatiser leurs traitements de façon efficace.

Robert Demolombe est Directeur de Recherche à l'ONERA. Ingénieur de l'ENSEEHT en 1967, il soutient une Thèse d'Etat en 1982 à l'Université Paul Sabatier. Ses travaux ont été principalement consacrés aux applications de la logique dans le domaine des bases de données et, plus généralement, des systèmes d'informations.

Luis Fariñas del Cerro est Directeur de Recherche au CNRS. Docteur en Mathématiques de l'Université de Madrid, il soutient une Thèse d'Etat en informatique en 1981 à l'Université de Paris VII. Ses travaux concernent les applications de la logique en informatique. Il est éditeur du journal Applied non-Classical Logics. Actuellement il est Directeur de l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse.

Annexe pour le service de fabrication

Article pour la revue :

Technique et science informatiques

Auteurs :

Robert Demolombe — Luis Fariñas del Cerro***

Titre de l'article :

La modélisation logique dans les nouveaux systèmes d'information et de communication

Titre abrégé :

Modélisation logique

Traduction du titre :

Logic modeling in new communication and information systems

Date de cette version :

November 3, 1999

Coordonnées des auteurs :

- téléphone :
- télécopie :
- Email : Robert.Demolombe@cert.fr

Logiciel utilisé pour la préparation de cet article :

\LaTeX , avec le fichier de style `article-hermes.cls`,
version 1.3 du 26/09/1999.

Formulaire de copyright :

Joindre le formulaire de copyright signé, récupéré sur le web à l'adresse
<http://www.hermes-science.com>