

BASES DE CONNAISSANCES ET MÉTHODES : LES SYSTÈMES COUPLÉS

GUARNIÉRI Franck

WYBO Jean-Luc

Ecole des Mines de Paris, CEMEF/IAM

B.P. 207

06904 Sophia-Antipolis

Tel : 93.95.75.19

Fax : 93 65 43 04

Résumé

Quels que soient les domaines d'application, nombreux sont les problèmes qui nécessitent des solutions techniques qui combinent à la fois des méthodes de l'intelligence artificielle et celles de l'informatique traditionnelle.

Cette contribution a pour objectif de présenter le concept d'Environnement de Résolution de Problèmes. Ce concept est très lié à celui du couplage numérique-symbolique en modélisation ainsi qu'à celui de l'intégration des connaissances provenant d'experts d'un domaine particulier et/ou d'experts de différents domaines.

Mots-clés

Méthode numérique - Méthode symbolique - Multi-expertise - Système couplé

Introduction

Très souvent, les scientifiques, quel que soit le domaine, sont confrontés à la résolution de problèmes complexes, ambigus voire même contradictoires. Même si la plupart des phénomènes peuvent être modélisés mathématiquement et résolus en utilisant des méthodes numériques sophistiquées, nombreux sont les problèmes qui possèdent des éléments sommairement définis et insuffisamment compris pour être traités par des techniques de programmation traditionnelles ou par des approches de type systèmes à base de connaissances.

Cette contribution se propose d'introduire des concepts originaux et de présenter certains outils développés pour répondre à des problématiques dans des domaines fort éloignés des préoccupations des géographes, mettant en oeuvre des approches ou des techniques néanmoins transposables au cadre de la géographie.

Modèles

Avant de donner une définition des systèmes couplés et de s'intéresser à quelques applications, il convient de préciser ce que nous entendons par modélisation numérique et par modélisation symbolique.

La modélisation numérique est l'aboutissement d'une triple modélisation [2] : dans un premier temps, un ensemble d'équations mathématiques modélise un phénomène étudié, dans un deuxième temps, quand il n'est pas possible d'atteindre la solution du jeu d'équations analytiquement, l'utilisation des méthodes de l'analyse numérique permet d'obtenir une solution approchée, enfin, un modèle informatique prend en charge la méthode numérique par une transcription de cette dernière au moyen d'un langage informatique.

La modélisation symbolique relève elle aussi de trois étapes de modélisation successives : la première consiste à construire un modèle représentant à la fois un domaine du savoir et les raisonnements qui s'y rattachent, la seconde étape implique de formaliser le raisonnement sur les connaissances selon un certain mode de représentation qui peut être défini comme un ensemble de méthodes de codage symbolique [6], la troisième et dernière étape amène à mettre en oeuvre une ou plusieurs méthodes d'exploitation de cette connaissance permettant, par un mécanisme de raisonnement, de produire de nouvelles connaissances et d'aboutir au résultat.

Les progrès réalisés par les systèmes à bases de connaissances depuis une dizaine d'années [9] [8] montrent qu'il est désormais possible de rapprocher au sein d'une même réalisation ces deux formes de modélisation. Ainsi, les raisons qui justifiaient le choix d'une approche aux dépens de l'autre [7], bien qu'elles prévalent toujours, sont désormais autant d'atouts qu'il convient de combiner, afin d'intégrer des méthodes numériques et des méthodes basées sur des connaissances, au sein d'outils informatiques capables de résoudre des problèmes longtemps considérés comme intraitables.

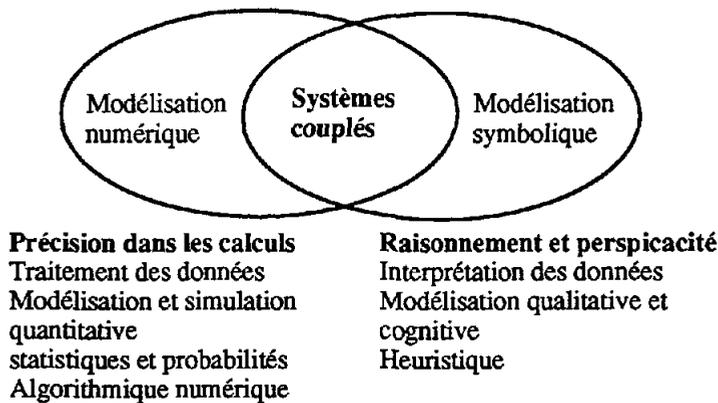


Figure n°1 : Modélisation numérique et symbolique dans les systèmes couplés. (D'après Kitzmüller [9])

Systèmes couplés : définition et typologie des applications

Une première définition des systèmes couplés pourrait se limiter à déclarer comme tel, tout système intégrant des méthodes numériques et symboliques au sein d'un même environnement. Cette définition est cependant loin d'être satisfaisante [9]. En effet si on se limitait à cette dernière, de nombreux systèmes experts fréquemment décrits dans la littérature, comme Mycin ou Dendral, hériteraient de la dénomination de systèmes couplés.

Il s'agit donc de distinguer les systèmes qui invoquent «aveuglement» (boîtes noires) des méthodes numériques et/ou symboliques durant leur exécution de ceux qui possèdent des connaissances sur les différentes méthodes qu'ils ont à manipuler : les systèmes couplés.

De part cette opposition et selon la définition donnée par Kitzmüller et Kowalik [9], tout système informatique possédant des connaissances sur les méthodes, qu'elles soient numériques et/ou symboliques qu'il incorpore et qui est capable de raisonner sur les conditions d'applications et les résultats de ces méthodes, peut être considéré comme un système couplé.

La diversité des applications (systèmes experts et/ou systèmes à base de connaissances) développées depuis une dizaine d'années nous amène à proposer une typologie des applications fondée selon le degré de couplage qui existe entre la (les) base(s) de connaissances et les méthodes. Nous proposons de classer les applications selon trois niveaux qui s'échelonnent depuis l'absence de couplage jusqu'à un degré de couplage très élaboré :

- le niveau A regroupe les applications dites sans couplage, et recouvre les systèmes à base de connaissance dits de «la première génération» [6]. Ces systèmes, fondés soit sur un mécanisme de raisonnement associatif consistant à relier des faits relatifs à un problème donné aux éléments de solution correspondant, soit sur une modélisation du système étudié associant effets et causes, possèdent sous une forme déclarative et au sein d'un seul et même

environnement (self-containing) toutes les données, les connaissances et les raisonnements nécessaires à leur bon fonctionnement [4] ;

– le niveau B regroupe les systèmes qui intègrent des données brutes et des résultats de méthodes dans une base de connaissances à des fins d'utilisation de ces données dans les raisonnements. Le système EXPERTGRAPH© [13], destiné à fournir une aide à la décision dans le domaine de la prévention des incendies de forêt, calcule un indice de risque d'éclosion à partir de règles expertes et d'un ensemble d'algorithmes de traitements (écrit en Pascal) destinés à la préparation des données (humidité de l'air, température, vitesse du vent, ...) qui seront inférées par le système. Bien qu'il intègre des méthodes numériques ce type de système n'est pas un système couplé «intelligent», puisqu'il invoque «aveuglement» des méthodes numériques durant son exécution ;

– le niveau C réunit les applications qui possèdent des connaissances sur les méthodes et qui sont capables d'activer ces dernières. Ces systèmes couplés «intelligents» sont capables de mettre en oeuvre des stratégies sur des méthodes ou des combinaisons de méthodes qui vont permettre d'accéder aux données et par là même à la résolution du problème posé.

Le degré de complexité des applications développées varie selon le type de problème à résoudre et le nombre de méthodes mises en oeuvre (de quelques unes à des centaines selon les applications). Ces systèmes effectuent deux grands types de tâches :

- le choix d'une ou plusieurs méthodes parmi n et l'exécution de la ou des méthodes choisies,
- le choix et la coopération entre n méthodes et l'exécution de la sélection.

Le premier type peut être illustré par deux applications : MUSE et EDORA. Le système MUSE [3] permet le choix et la mise en oeuvre d'une ou plusieurs méthodes d'analyse des données selon la nature des données qui lui sont soumises et des objectifs de l'utilisateur. Le système EDORA [11] assiste un utilisateur (en biométrie) dans le choix d'un modèle de croissance à partir de données expérimentales, pilote un programme d'identification des paramètres pour le ou les modèles retenus, fournit des suggestions quant à la validité des estimations et compare entre elles les estimations effectuées sur plusieurs modèles pour un même jeu de données.

Les applications du deuxième type sont capables de faire coopérer entre elles plusieurs méthodes, parfois développées indépendamment, possédant des entrées-sorties non compatibles entre elles, et éventuellement écrites dans des langages de programmation différents [10], dans un même but : un système expert décrit par Talukar [12], coordonne l'exécution de trois méthodes numériques dans la résolution de systèmes d'équations algébriques non-linéaires. En cours de calcul, le système détermine quel programme appliquer, selon sa capacité à améliorer la convergence des variables d'états.

Certaines de ces applications sont tout à fait remarquables tant par la complexité du problème à résoudre que par le nombre de méthodes implémentées. Le système DIVA [1] assiste un utilisateur (biologie végétale) dans la construction de modèles de plantes en combinant des modèles élémentaires, la structure topologique du végétal et des données sur les propriétés physiques de ce dernier. Ce système possède des connaissances sur les méthodes (plusieurs centaines), permettant leur connexion et des connaissances pour guider l'utilisateur dans la phase de construction.

Concepts

La représentation de connaissances à base d'objets structurés constitue l'une des principales caractéristiques des systèmes couplés développés à l'heure actuelle. Les objets du monde réel (dans notre cas, les connaissances sur les méthodes et les méthodes elles-mêmes) peuvent être regroupées en classes et décrites à l'aide d'une liste d'attributs. La description des méthodes et des connaissances à l'aide d'objets apporte de multiples avantages [11] :

- l'agrégation locale de toutes les informations sur l'emploi d'une méthode,
- le regroupement au sein d'une seule et même entité de toute l'information sur les conditions d'exécution d'une méthode,
- la mémorisation des résultats de l'exécution d'une méthode comme instance d'une classe de méthode,

- la facilité de construire des logiciels interactifs,
- la définition de méthodes abstraites de haut niveau, qui font appel pour leur exécution à des procédures de bas niveau, ...

La complexité des applications développées a amené les concepteurs à abandonner la stratégie unique de résolution, responsable du contrôle de l'ensemble de la résolution, telle qu'on la retrouve dans les systèmes à base de connaissances développés selon l'approche classique, pour s'orienter vers des architectures de type multi-agents permettant d'intégrer plusieurs bases de connaissances et appliquant des stratégies différentes.

La conception des systèmes multi-agents repose donc sur trois grands principes :

- l'agent, une entité réelle ou abstraite qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, et qui dispose d'une représentation partielle de cet environnement [5],
- les mécanismes de conduite des raisonnements et les stratégies à mettre en oeuvre pour parvenir à une solution,
- la communication entre agents fondée sur deux mécanismes : le partage d'information (les systèmes blackboard) et l'envoi de messages (les systèmes à objet).

Ce dernier point distingue deux types d'approches. Dans un système de type blackboard, il existe une zone de mémoire commune qui centralise toutes les communications entre agents, il n'y a pas de liens entre agents, ils s'ignorent donc. Dans les systèmes objets les agents communiquent entre eux par envoi de messages. Les éléments de la solution sont distribués entre les différents agents. Chaque agent a une connaissance a priori de ceux à qui il s'adresse.

Conclusion

L'approche «systèmes couplés» offre bien évidemment tous les avantages propres aux systèmes à base de connaissances classiques : l'intégration aisée de nouvelles méthodes sans remettre en cause la structure de la base de connaissances. Elle facilite aussi la communication entre base(s) de connaissances et programmes externes, ainsi que la mémorisation et la gestion des données issues ou non des résultats de calculs. De nombreux systèmes couplés proposent à l'utilisateur une assistance dans le choix et la mise en oeuvre d'une ou plusieurs méthodes et fournissent à ce dernier un environnement convivial présentant les informations et interprétant les commandes.

Références bibliographiques

- [1] BÄR M. & Al : *Functionality and implementation of a knowledge-based flowsheet-oriented user interface for the dynamic process simulator DIVA*. in Simulation, Vol 62, n° 2, august 1993, pp. 117-123.
- [2] BUISSON L. : *Le raisonnement spatial dans les systèmes à base de connaissances, application à l'analyse des sites avalanches*. Thèse d'informatique de l'Université J. Fourier Grenoble 1, 1990, 176 p.
- [3] DAMBROISE E., MASSOTE P. : *Résolution du problème du choix des méthodes statistiques : l'approche de MUSE*. in Les systèmes experts et leurs applications, Avignon 13-15 mai 1987, pp. 1115-1130.
- [4] DUBUS N. : *Problèmes méthodologiques posés par une démarche de type système expert en géographie*. in actes du colloques de Théo Quant, Besançon 7 -8 octobre 1993.
- [5] FERBER J., GHALAB M. : *Problématique des univers multi-agents intelligents. Actes des journées nationales sur l'intelligence artificielle PRC/IA*, Toulouse, 1988, pp. 295-320.
- [6] HATON J.P. & Al. : *Le raisonnement en intelligence artificielle*. InterEditions, Paris, 1991, 480 p.
- [7] HULTAGE I. : *Quantitative and qualitative models in artificial intelligence. in Coupling symbolic and numerical computing in expert systems*, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1988, pp. 39-46.
- [8] JACOBSEIN N., KITZMILLER C.T. & KOWALIK J.S. : *Integrating symbolic and numerical methods in knowledge based systems : current status, future prospects, driving events*. in Coupling symbolic and numerical computing in expert systems, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1988, pp. 3-11.
- [9] KITZMILLER C.T., KOWALIK J.S. : *Symbolic and numerical computing in knowledge based systems*. in Coupling symbolic and numerical computing in expert systems, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1986, pp. 3-17.
- [10] LEE N.S., NEJMEH B.A. : *Towards an expert system development environment for mixed knowledge representation and programming methodologies*. in Les systèmes experts et leurs applications, Avignon 28-30 avril 1986, pp. 1435-1444.
- [11] ROUSSEAU B. : *Vers un environnement de résolution de problèmes en biométrie : apports des techniques de l'intelligence artificielle et de l'interaction graphique*. Thèse de l'Université C. Bernard Lyon 1, 1988, 281 p.
- [12] TALUKAR & Al. : *A system for distributed problem solving*. in Coupling symbolic and numerical computing in expert systems, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1986.
- [13] WYBO J.L. : *Expertgraph : analyse basée sur des connaissances et suivi temps réel d'information géographique évolutive, application à la prévention des incendies de forêt*. Thèse d'informatique de l'Université de Nice, 1991, 148 p.