

SIMECO : un système multi-agents pour l'aide à la décision stratégique* .

NDIAYE Souleymane, CISSE Alassane, LINK-PEZET Josette,
LIS / Université Toulouse I,
Place Anatole France 31042 Toulouse Cedex.
Tel : 61 63 37 41, Fax : 61 63 37 98.
Email : {sndiaye, cisse, urfist}@cict.fr.

Mots-clés : Information, Système d'Aide à la Décision Stratégique, Planification, Complexité, Modélisation Orientée Agent, Simulation.

Résumé : Nous nous intéressons ici au management stratégique des entreprises à travers la prise de décision vue comme une activité de planification. Notre problématique s'inscrit dans la conception de systèmes informatiques supportant cette activité lorsque les domaines d'application sont complexes. Nous proposons, pour ces systèmes, un modèle de représentation du domaine orientée agent et nous présentons un outil basé sur cette approche.

Keywords : Information, Strategic Decision Support System, Planning, Complexity, Agent Oriented Modeling, Simulation.

Abstract : This article deals with strategic management through decision making apprehended in a planning activity perspective. Our issues belong to decision support systems design in complex application fields. For these systems models, we suggest an agent oriented approach for modeling the domain and we present a tool based on this approach.

1. Introduction

L'aide à la décision est un domaine fédérateur du fait des nombreux aspects qu'il met en jeu et de l'étendue de son application. Ainsi plusieurs sciences y contribuent en essayant chacune de résoudre une certaine catégorie de problèmes soulevés par sa mise en oeuvre. Nous nous intéressons ici à un domaine particulier : le management des entreprises et à une certaine catégorie de décisions : les décisions stratégiques (individuelles) à travers l'activité de planification stratégique. Les systèmes informatiques d'aide à la décision conçus dans ce cadre revêtent différentes formes et peuvent ainsi être analysés de nombreuses manières. Toutefois, on retrouve dans ces analyses trois dimensions sur lesquelles elles sont fondées et qui sont : les données, les modèles et le dialogue homme-machine [1]. Il s'agit de concevoir des systèmes capables d'assister (intelligemment) les décideurs dans leur activité. A notre sens, l'homme est le *site* de la décision, ainsi d'une manière abstraite, on peut considérer l'objet de l'aide à la décision comme l'*information* de la décision dans une situation donnée et dans un cadre homme-machine. C'est sur cette approche que sera fondée notre analyse théorique de l'existant en matière d'aide à la décision car elle nous permet de faire le lien avec les caractéristiques des domaines d'application dans lesquels elle s'inscrit, telle que la complexité. Cette complexité est

* Ce projet bénéficie du soutien de l'ANVAR. Contrat N° J 94 02 008 M JJ.

ici appréhendée à travers les deux fonctions fondamentales et constituantes de la planification chez le décideur que sont la *schématisation* et l'*anticipation* [2]. Par les anticipations, la planification permet de guider les choix actuels en tenant compte des événements futurs possibles et/ou probables. Quant à la schématisation¹ elle désigne l'activité nécessaire de représentation ou d'abstraction de données pertinentes à partir des détails d'une situation. Partant de là, nous analysons globalement les différents modèles informatiques et d'intelligence artificielle par rapport à ces deux fonctions et à leur niveau de complexité. Ce niveau de complexité privilégié, dans de nombreux cas, des modèles de *représentation* du domaine au sens de Alter [3] pour permettre une aide à la décision efficiente. Nous proposons une approche orientée agent comme un fondement de tels modèles. Enfin nous décrivons les modèles et résultats que nous avons déjà obtenus avec un prototype (SIMECO) qui traite des rapports de contrôle financier entre entreprises et que nous avons développé pour illustrer notre approche.

2. L'aide à la décision stratégique

2.1 Une typologie des systèmes d'aide à la décision

L'aide à la décision est un domaine fédérateur de plusieurs sciences : informatique, management, sciences cognitives, recherche opérationnelle, sciences de l'information, intelligence artificielle, sciences de la décision etc. Ces courants de recherche proposent un ensemble de modèles et de théories pour un certain nombre de problèmes. Ainsi, on peut avoir plusieurs approches de classification et d'analyse d'un système d'aide à la décision selon le point de vue que l'on adopte. Toutefois on peut toujours isoler dans ces catégorisations les trois dimensions fondamentales des systèmes d'aide à la décision sur lesquelles elles opèrent : les données, les modèles et le système de dialogue.

Turban [4], repris par Roux [5], propose une typologie qui distingue trois catégories que l'on peut simplifier ainsi :

- *Executive information system (EIS)*: ce sont des outils fournissant au décideur l'information utile. Ces applications ne permettent que de recenser les informations pertinentes par l'amélioration des accès et les manipulations des informations existantes pour confronter objectifs et observations.

- *Executive Support System (ESS)* : l'ESS inclut des communications, des outils d'analyse et de l'intelligence. L'ESS doit permettre l'analyse des données et permettre d'avoir une appréciation du futur de l'organisation. Ainsi pour passer de l'EIS à l'ESS, il faut pouvoir affecter le futur.

- *Decision support System (DSS)* : le DSS est un *système informatique qui aide les décideurs de façon interactive à utiliser des données et des modèles pour résoudre des problèmes non structurés*².

En empruntant cette typologie, nous définissons, à notre sens, quatre catégories de systèmes (cf. fig. 1) :

- *Executive Information System (EIS)* tel qu'il est défini ci-dessus,
- *Executive Support System (ESS)* tel qu'il est défini ci-dessus,
- *Decision Support System (DSS)* : qui, au delà de l'apport d'un ESS, donne les informations sur la décision ou la procédure à adopter pour atteindre un but donné.

¹ On devrait parler de *modélisation*, toutefois ce terme traduit mieux la fonction car s'agissant de domaines complexes, la représentation que l'on peut en avoir ne peut être que schématique.

² Définition de Sprague repris par Ackerman et al [6].

- Planning Support System (PSS) : qui doit permettre au delà d'un DSS, une hiérarchisation et une analyse de la faisabilité des procédures ou décisions admises. Plus précisément, il doit offrir une *assistance intelligente* en permettant de [7]:

- * formuler les problèmes et les modèles,
- * analyser les problèmes,
- * interpréter et diagnostiquer les situations,
- * formuler des plans d'actions,
- * évaluer des hypothèses,
- * contrôler les résultats des actions par rapport aux attentes,
- * fournir des justifications et des explications.

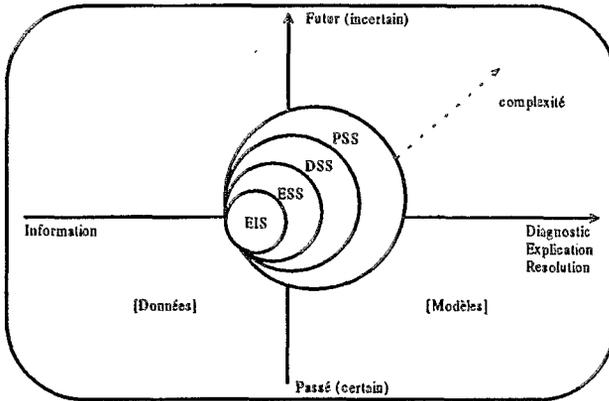


Fig. 1 : Une typologie des systèmes d'aide à la décision¹

2.2 L'aide à la décision complexe vue à travers une perspective information-décision

L'objet de l'aide à la décision peut être défini comme consistant à l'*information* de la décision dans une situation donnée et dans un cadre homme-machine. On peut ainsi isoler cinq éléments fondamentaux : l'information, la décision, le contexte décisionnel (décrivant le cadre global dans lequel les décisions sont prises), l'homme et le système (cf. fig. 2). En se positionnant sur un ou plusieurs axes quelconques, on peut soulever une série de questions correspondant aux différentes problématiques en la matière.

Dans cet article, notre analyse s'appuie sur l'axe information-décision⁴. Ainsi nous nous intéressons principalement aux deux dimensions des systèmes d'aide à la décision que sont : les données et les modèles associés. Nous ne traiterons qu'indirectement les aspects et modèles, non moins fondamentaux, tenant au système de dialogue. En dehors des cinq éléments précités, nous isolons deux "sous-contextes" qui décrivent les caractéristiques particulières que peut prendre la *structure* informationnelle sur laquelle opère la *structure* décisionnelle⁵. Pour un

³ Adapté de [4].

⁴ Dans [8], nous nous appuyons surtout sur l'axe homme-système pour mener notre analyse qui visait à mettre en valeur d'autres aspects tels que l'émergence de l'information ou le caractère coopératif d'un système.

⁵ Nous parlons de structure pour dénoter des liens plus ou moins étroits et quelquefois interdépendants que peuvent entretenir des éléments entre eux.

contexte donné, ces structures peuvent être plus ou moins complexes. Par exemple, dans le cadre du contrôle financier, ces structures sont complexes. En ce qui concerne l'information les différentes participations directes et indirectes que possèdent certaines entreprises envers d'autres créent un tissu d'interdépendances relativement dense. Ainsi une information telle que la valeur d'une participation ne prend tout son sens que lorsqu'elle est appréhendée dans les réseaux de relations dans lesquels elle s'inscrit. Concernant les décisions, la complexité provient du fait que l'on ne puisse considérer chacune des décisions isolément. C'est toujours le cas dans les domaines où la "décision" ne se définit pas comme l'acte unique de "trancher" mais comme un ensemble de "micro-décisions" liées entre elles et qui la constituent. En définitive le but du support décisionnel revient à concevoir des systèmes capables d'assister efficacement la planification à travers ses deux composantes par l'information qu'ils produisent. Toutefois cette information de la décision peut revêtir plusieurs formes dépendant des besoins nés du contexte. Ainsi elle peut consister, simplement, à la fourniture de données simples ou, au contraire, à celle d'un plan d'actions défini (cf. fig. 3).

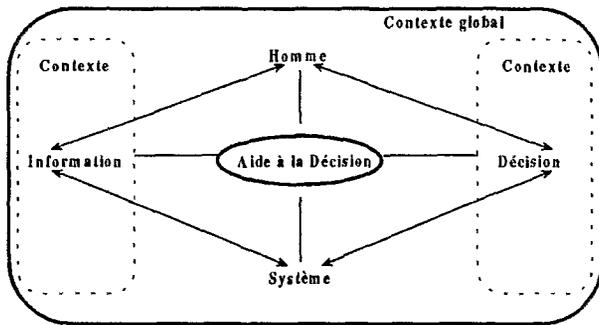


Fig. 2 : Cadre d'analyse de l'aide à la décision

L'aide à la schématisation prend le plus souvent la forme de figurations graphiques. Hormis les images purement reproductrices d'un objet, ces figurations expriment des contenus non perceptibles qu'une activité cognitive doit reconstruire. La conception et l'interprétation de ces schémas trouvent leurs fondements dans les travaux de psychologie cognitive (par exemple les travaux sur les cartes cognitives). Mais comme le font remarquer de nombreuses expérimentations [2], la lecture et l'efficacité d'une figuration ne dépendent pas seulement des propriétés du dessin, mais aussi des connaissances de l'utilisateur sur les contenus codés. Ainsi l'efficacité et les effets attendus ne peuvent pas être généralisés. L'aide à l'anticipation est le plus souvent liée à la simulation lorsque les processus ou les domaines peuvent l'être. Cette activité prend le plus souvent la forme d'une recherche prospective de la procédure ou de l'évaluation de plans. Toutefois, dans certains cas, c'est dans une démarche rétrospective c'est-à-dire opérant à partir du but, que l'on peut trouver l'aide la plus efficace [2]. En fait il faut permettre l'articulation des deux types de recherche car ils sont généralement complémentaires dans la formulation d'un plan. Un autre problème est constitué par le fait que très souvent l'évaluation d'un plan nécessite que puissent être anticipés certains détails de son raffinement non intégrés à l'étape en cours de résolution. Ainsi, à un moment donné de la planification, la résolution ne met pas en jeu qu'un seul espace abstrait. De plus ces espaces manipulés peuvent l'être à des niveaux différents de l'activité et nécessiter plusieurs représentations.

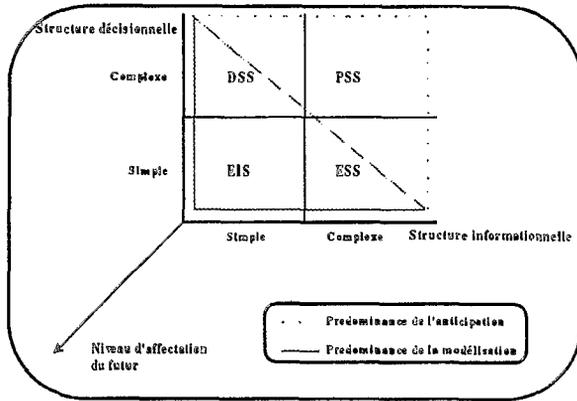


Fig. 3 : Classification selon un axe information-décision

Dans notre propos, les modèles d'aide à la décision relèvent aussi bien de l'informatique traditionnelle que de l'intelligence artificielle. Cependant selon le niveau de complexité du domaine d'application, ces modèles permettent plus ou moins efficacement de répondre aux problèmes posés. Ainsi, dans ces domaines, l'évolution des systèmes d'aide à la décision tend de plus en plus vers l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle distribuée notamment des systèmes multi-agents. En effet, dans ces cas, il est difficile d'envisager de résoudre les problèmes qui se posent par les techniques traditionnelles [9].

3. Les modèles d'agents dans les systèmes d'aide à la décision

Dans le cadre de l'aide à la décision, une grande partie des modèles basés sur le concept d'agent tourne autour du concept de résolution coopérative de problème [10] dans laquelle des agents intelligents travaillent ensemble pour produire un modèle, un plan, une décision etc. On distingue plusieurs sortes d'agents coopératifs dans le domaine de l'aide à la décision tels que les *démons* de Blanning et King [7]⁶.

Notre approche est différente. L'analyse du contexte décisionnel qui nous intéresse (structures informationnelle et décisionnelle complexes) et de la catégorie de systèmes correspondant le mieux (Planning support system), prônent l'anticipation comme essentiel à une assistance efficace. Or ne peut pas anticiper une action si l'on ne décide pas a priori d'une stratégie et définir une stratégie c'est planifier le futur en prenant des options (décisions). Cet aspect nous dicte une autre vision fondée sur l'utilisation de ces techniques distribuées pour concevoir un modèle de *représentation* du domaine et dans notre cas un modèle d'environnement. Il s'agit de modèles décrivant l'environnement qui comprend les caractéristiques et les modalités de comportement des éléments constitutants du domaine. Ce type de modèle prend en compte les différents éléments dans leur dynamique. Ils permettent ainsi d'estimer les conséquences des diverses actions ou scénarii menées par la simulation. A travers une interaction avec le décideur, les systèmes basés sur ce type de modèle prédisposent à l'anticipation des phénomènes et à la détermination ex ante de stratégies moins incertaines. Cette approche de modélisation est adéquate lorsque le domaine d'application présente les

⁶ Ces agents ont pour rôle d'avertir l'utilisateur lorsqu'il y a des résultats particuliers, de stimuler ses réflexions, etc. Ils offrent des possibilités de critique et d'assistance.

caractéristiques telles que [11] : une décomposition *naturelle* des entités en jeu, un univers évolutif, un système dont l'exploration par des méthodes classiques conduit à une trop grande combinatoire.

4. SIMECO : un outil multi-agents pour l'aide à la décision complexe : une application au contrôle financier

Pour illustrer les idées émises dans notre propos, nous avons développé un prototype que nous avons appelé SIMECO⁷. Il a été implémenté à l'aide de plusieurs langages mais devrait à terme être réécrit entièrement en C. Il s'agit du langage Clips et de sa bibliothèque C++ associée Wxclips⁸ et du langage C. Pour les figures graphiques nous avons utilisé un outil : VCG tool⁹. Nous avons choisi un domaine d'illustration qui porte sur les rapports financiers entre les entreprises en matière de contrôle. L'analyse que nous menons dans ce domaine est fondée sur le comportement des entreprises en tant que telles, ainsi l'entité de base de notre système c'est-à-dire l'*agent* représente l'entreprise. La complexité provient en partie des nombreuses et diverses relations que les entreprises ont largement développées entre elles. Ces réseaux de relations (groupes, partenariats etc.) déterminent ou tout au moins influent les comportements stratégiques de ces entreprises. Dans ce modèle d'environnement, nous tentons de prendre en compte les aspects organisationnels induits.

4.1 Architecture

L'architecture générale du système est illustrée dans le schéma suivant (cf. fig. 5) :

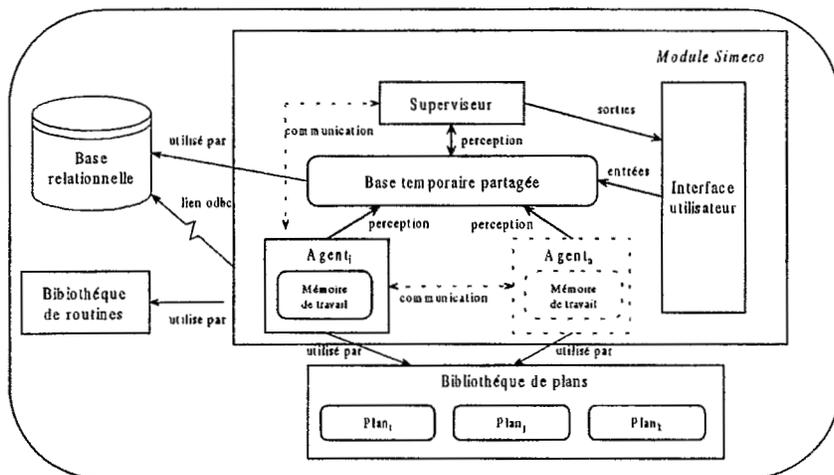


Fig. 4 : Architecture générale de SIMECO

⁷ pour Simulation économique.

⁸ Interface graphique au langage Clips De la NASA, développée par Julian Smart de l' Artificial Intelligence Applications Institute (Université d'Edinburgh).

⁹ Générateur de graphes à partir de spécifications, développé par Georg Sander de l'Université de Saarland.

Il est conçu pour être intégré, à terme, avec des outils bases de données relationnelles où sont généralement stockées les informations. Il utilise une bibliothèque de routines contenant des fonctions liées au domaine telles les fonctions de calcul matriciel. Le superviseur est un agent spécifique chargé du contrôle du système. La base temporaire permet notamment de ne pas modifier directement les données initiales et aussi de traiter la concurrence d'une manière asynchrone. C'est pourquoi en empruntant ce concept à Ferber [18], nous parlons d'*influences* pour rendre compte des actions des agents. Chaque agent dispose d'une mémoire de travail locale qui lui permet notamment d'être *pseudo-anticipatif*. En effet, en faisant une copie de la base d'objets temporaire, elle leur permet d'évaluer éventuellement plusieurs alternatives avant d'opérer un choix. Chaque agent utilise une bibliothèque de plans indépendante du module. Les plans sont des ensembles de règles (indépendantes ou liées en bloc) permettant de résoudre un problème donné du domaine (expertise).

4.2 Modèles

Les objets manipulés dans cet outil sont définis dans le modèle partiel de la figure 5 dont les notations sont celles de la méthode OMT [13]. Ce modèle repose sur les concepts d'agent, de plan et d'organisation d'agents.

Un agent est ici une entité plus ou moins autonome définie par :

- ses connaissances c'est-à-dire les objets qu'il manipule (base d'objets) ainsi que les contraintes correspondantes.
- ses accointances c'est-à-dire l'ensemble des autres agents qu'il connaît avec les contraintes qui s'y rattachent et qui sont notamment liées aux aspects organisationnels,
- ses buts,
- ses compétences formées d'opérateurs et des contraintes sur ces opérateurs tel que leur agencement dans un plan,
- ses interactions comportant les connaissances nécessaires à l'agent pour communiquer avec les autres agents. Ces connaissances portent sur :
 - * les conventions d'interaction de l'agent avec ses accointances qui sont aussi liées aux contraintes organisationnelles : les protocoles,
 - * le contrôle regroupant les règles qui gèrent ces protocoles.

En plus de ses éléments, il faut rajouter les mécanismes de raisonnement lui permettant de prendre des décisions ou de planifier ses actions. Chaque agent entreprend des actions correspondant à l'exécution d'opérateurs qui produisent un nouvel état. Nous entendons par plan un ordonnancement de ces actions pour atteindre le but fixé. Ces plans peuvent être réalisés par un agent poursuivant un objectif personnel mais aussi par plusieurs agents dans le cadre d'un objectif collectif lié aux structures organisationnelles. Une organisation est constituée de plusieurs agents et est régie par un mode particulier. Elle détermine les conditions et les modalités d'exécution de ces plans. De ce fait les agents sont aussi dotés de capacités de raisonnement social permettant de prendre en compte ces aspects organisationnels.

Si les formes d'organisation sont statiques c'est-à-dire prédéfinies et n'évoluant pas, leurs instanciations sont dynamiques c'est-à-dire qu'elles peuvent évoluer avec les actions des différents agents. Par ailleurs, les *espaces-problèmes* qui existent peuvent concerner différemment un agent. Ainsi ces agents peuvent adopter différentes attitudes dépendant des situations dans lesquelles ils se trouvent. Leur fonctionnement est proche de celui défini dans [16] et est décrit partiellement dans le modèle fonctionnel de la figure 6.

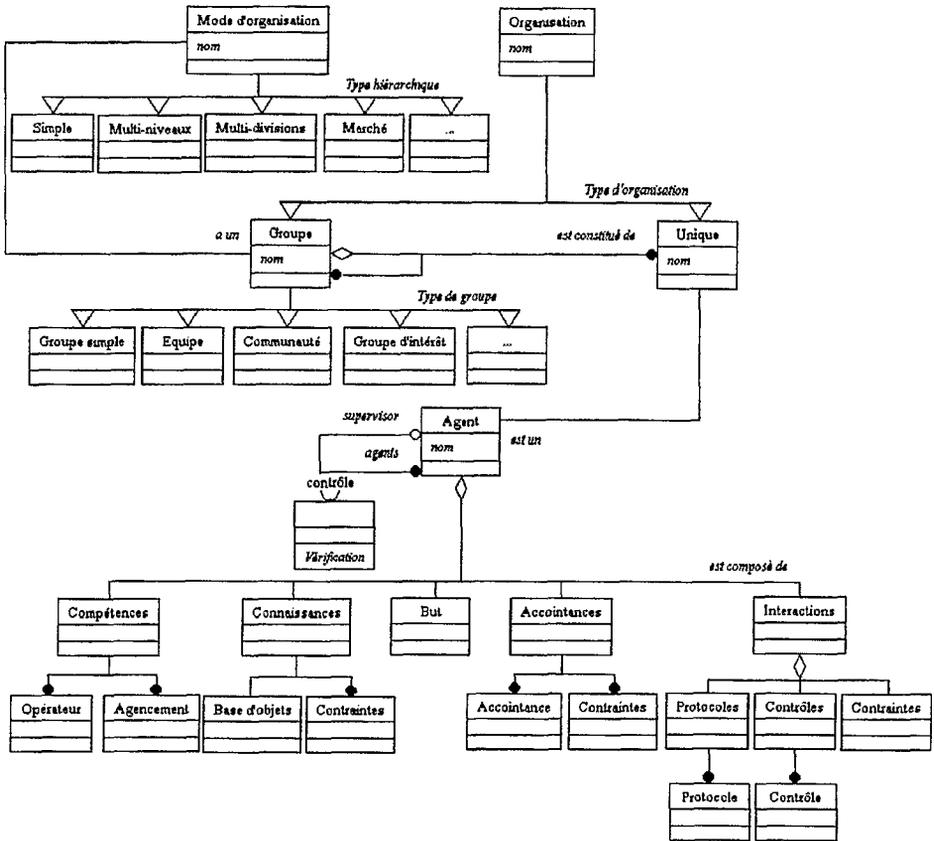


Fig. 5 : Le modèle d'environnement de Simeco

Un problème particulier est lié au contrôle du système. C'est le rôle d'un agent particulier : le superviseur. Il dispose de connaissances particulières lui permettant de gérer notamment :

- l'interaction avec l'utilisateur correspondant à la gestion des *inputs* et des *outputs* du système.
- contrôle de la base d'objets décrivant l'état de l'environnement à un moment donné : vérification de la consistance de la base, mise à jour etc.
- la gestion des conflits qui peuvent survenir entre les plans des agents. Elle est liée au domaine et repose sur le concept particulier d'*action atomique*. Une action atomique est une action ou une série d'actions insécables car elles sont considérées comme étant simultanées. On distingue, à un moment donné, deux cas :

* les cas où l'expertise du système permet de donner la priorité à l'action atomique d'un agent ou d'aboutir à une neutralisation des actions en conflit ou encore génère un

comportement particulier des agents qui recherchent alors une solution (négociation intéressée par exemple).

* les cas où l'on sollicite le choix de l'utilisateur qui peut annuler ces actions ou donner la priorité à un agent.

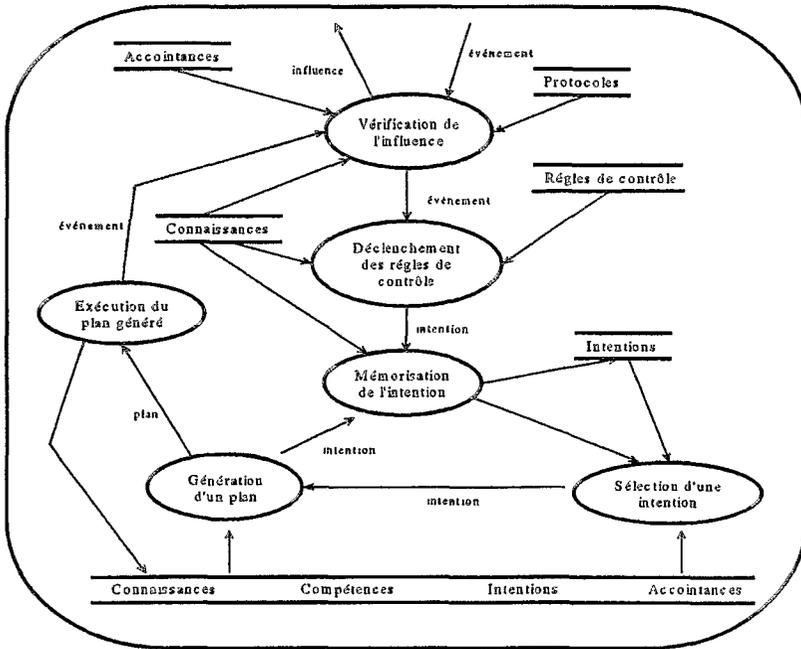


Fig. 6 : Le modèle fonctionnel partiel des agents

En définitive, une telle approche offre des possibilités de simuler (et anticiper pour le décideur) la *rationalité* des comportements stratégiques des entités en jeu en prenant comme support l'expertise liée au domaine [14][15][17].

4.3 Analyse

Le support de la planification prend deux formes corrolairement aux deux fonctions qu'il doit assister :

- par rapport à l'anticipation : ce type de système assiste, essentiellement, les démarches prospectives d'élaboration de plans stratégiques (construction des étapes à parcourir à partir de l'état initial) et l'évaluation de plans à travers les tests hypothèses. Une démarche rétrospective (construction à partir du but), dans notre cas, reste difficile du fait notamment de la complexité de la formulation effective du but et de celle de la gestion des hiérarchies d'espaces abstraits qu'elle peut engendrer.

- par rapport à la schématisation (cf. fig. 7) : dans notre cas, le système fournit d'une part des diagrammes graphiques rendant compte des différents états de l'environnement et d'autre part des explications sous forme textuelle et/ou graphique des comportements des

agents. Enfin tous les résultats de l'activité du système restent disponibles. Pour les états de situation, la convention graphique que nous avons adoptée repose sur les notions de *proximité* et de *centralité*. Il s'agit d'une part, de placer l'organisation dominante (du secteur étudié) au centre du diagramme et d'autre part, pour chaque organisation de regrouper les entreprises qui la constituent autour de celle dominante.

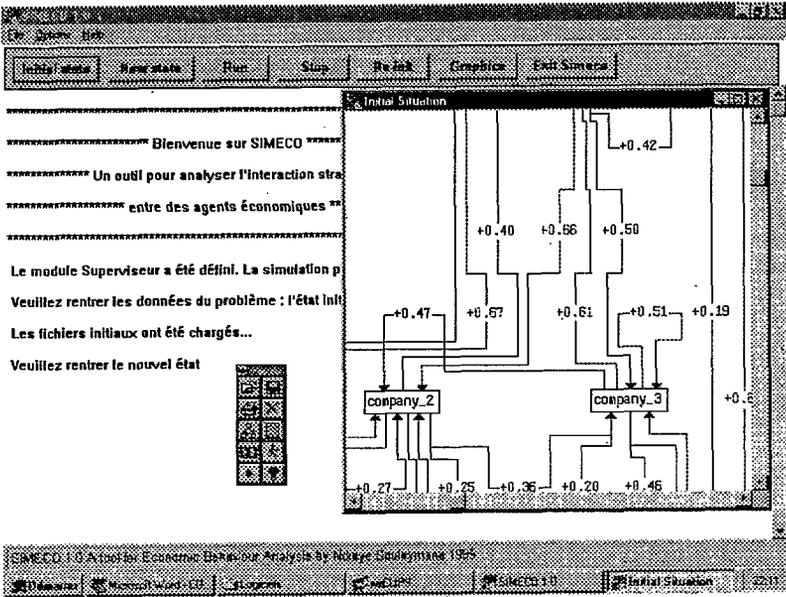


Fig. 7 : L'interface de SIMECO

Précisément, l'aide à l'activité (articulation des différentes fonctions) peut être perçue à travers les trois apports de ce type de système :

- la compréhension du problème : en donnant un modèle précis de la situation avec les diverses hypothèses.
- la génération des solutions possibles à partir de la manipulation du modèle implémenté, en procurant des éclaircissements et des idées sur les solutions possibles du problème.
- la faisabilité des solutions : elles sont analysées en termes d'impact sur l'environnement.

La valeur de ces apports d'un tel système peut essentiellement s'apprécier à travers la réduction *ex ante* de l'incertitude qu'elle peut engendrer. Cette incertitude est double, comme le note Mc Kay [12] : événementielle et objectale. Les situations d'incertitude événementielle sont celles où l'aléa est un aléa d'occurrences (*que choisir* ou *que faire* ?) tandis que les situations d'incertitude objectale sont celles où l'aléa est un aléa de définition, l'incertitude portant sur la description même de l'événement, du domaine ou de l'objet concerné par la prise de décision (*de quoi s'agit-il* ?).

Conclusion et perspectives

L'aide à la décision est un large champ d'étude en perpétuelle évolution. Celle-ci est particulièrement entretenue par la quête de l'efficacité, les apports des différentes sciences qui y contribuent et le développement des techniques informatiques. La complexité de certains de ses domaines d'application a un peu plus orienté la recherche informatique de l'informatique traditionnelle à l'intelligence artificielle distribuée via l'intelligence artificielle. Notre travail s'inscrit dans ce sens. Dans cet article, notre cadre d'analyse met en valeur les aspects de l'aide à la décision en univers complexe tenant à l'information et à la décision. Un autre point de vue fondé sur les rapports homme-machine complète cette analyse et relève les autres aspects du même problème [8]. Cette double analyse nous a conduit à postuler une approche qui nous semble intéressante pour permettre une aide à la décision efficace en la matière. Cette approche est fondée sur une modélisation orientée agent qui permet de définir un modèle d'environnement supportant l'activité décisionnelle. Pour illustrer cette approche, nous avons partiellement présenté un prototype, encore inachevé, devant nous permettre à terme de la valider. Les résultats déjà obtenus à partir de tests relativement simples, nous encouragent à poursuivre deux perspectives immédiates : l'acquisition des connaissances pour doter le système d'agents plus "réalistes" et la validation des résultats obtenus auprès de spécialistes. Enfin nous souhaitons aboutir à l'implémentation d'un *test-bench* portant sur l'interaction stratégique qui prendrait en compte les aspects organisationnels de l'environnement économique des entreprises et qui serait totalement indépendant du domaine d'illustration que nous avons choisi.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHECROUN A., "Comprendre, concevoir et utiliser les SIAD", Masson, 1992.
- [2] HOC J.M., "Psychologie cognitive de la planification", PUG, 1992.
- [3] G.B. DAVIS, M.H. OLSON, J. AJENSTAT, J.L. PEAUCELLE, "Systèmes d'information pour le management, les approfondissements", Editions G. Vermette inc. & Economica, 1986.
- [4] TURBAN E., "Decision support and expert systems", Macmillan Publishing Company, 1993.
- [5] ROUX H.G., "EIS, ESS et DSS", in "L'informatique professionnelle" n° 101/1992.
- [6] ACKERMAN F., CROPPER S., EDEN C., "Moving between groups and individuals using a DSS". in Revue des systèmes de décision n° 1/1992.
- [7] BLANNING R.W., KING D.R., "Introduction", Decision support systems, vol. 7, N°4, 1991.
- [8] NDIAYE S. & LINK-PEZET J., "Système d'information stratégique et management : concepts et modèles", Colloque sur l'information élaborée, Ile rousse, Mai-Juin 1995.
- [9] FERBER J., GHALLAB M., "Problématiques des univers multi-agents intelligents", Journées nationales PRG-GRECO IA, Toulouse 14-15 Mars 1988.
- [10] FISHER G., MASTOGLIO T., "A conceptual framework for knowledge-based critic systems", Decision support systems, vol. 7, N°4, 1991.
- [11] FERBER J., " Objets et agents : une étude des structures de représentation et de communication en intelligence artificielle ", Thèse d'état, Cahiers du LAFORIA. 1989.
- [12] VERAN L., " La prise de décision dans les organisations : réactivité et changement", Les Editions d'organisation, 1991.
- [13] RUMBAUGH J. et al., "Modélisation et conception orientées objet", Editions Masson et Prentice Hall, 1995.

- [14] **CASTRO CALDAS J. & COELHO H.**, "*Strategic Interaction in Oligopolistic Markets-Experimenting with Real and Artificial Agents*", in " Artificial social systems" , LNAI n° 830, C. Castelfranchi & E. Werner, MAAMAW '92, Springer Verlag, 1994.
- [15] **DROGOUL A. & FERBER J.**, "*Multi-agent simulation as a tool for modeling societies : application to social differentiation in ant colonies*", in " Artificial social systems" , LNAI n° 830, C. Castelfranchi & E. Werner, MAAMAW '92, Springer Verlag, 1994.
- [16] **OQUENDO F. et al.**, "*SCALE/ALPS : un générateur de systèmes multi-agents pour la construction d'environnements centrés processus assistés par ordinateur*", Deuxièmes journées francophones Intelligence artificielle distribuée et systèmes multi-agents, Voiron 9-11 Mai 1994.
- [17] **CHATTOE E.**, "*Why are we simulating Anyway ? Some answers from Economics*", Technical Report, ESRC Research Programme on Economic Beliefs and Behaviour, Department of Sociology, University of Surrey, 30 Mars 1995.
- [18] **FERBER J.** "Un modèle de l'action pour les systèmes multi-agents", Deuxièmes journées francophones Intelligence artificielle distribuée et systèmes multi-agents, Voiron 9-11 Mai 1994.