



INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE (INPT)

Habilitation à Diriger des Recherches
Spécialité Informatique

Présenté par :

Pascale Zaraté

Des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision Aux Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision : Contributions conceptuelles et fonctionnelles

Soutenue le 7 Décembre 2005 à 10h30 devant le jury :

Président :

Prof. Lacoste Germain, INPT, Directeur ENIT, Tarbes, France

Directeur de recherche :

Dc., HDR, Soubie Jean Luc, INRIA, IRIT, Toulouse, France

Rapporteurs :

Prof. Bocquet Jean Claude, Ecole Centrale Paris, Directeur LGI, Paris, France

Prof Bui Tung, Hawaii University, CBA, Dpt. Inf. Tech. Management, USA

Prof. Pomerol Jean Charles, Vice-Président Université Paris VI, LIP6, Paris, France

Examineurs :

Prof. Rosenthal-Sabroux Camille, Université Paris IX Dauphine, LAMSADE, Paris, France

Prof. Soulé-Dupuy Chantal, Université Toulouse I, IRIT, Toulouse, France

Prof. Le Lann Jean Marc, INPT, ENSIACET/GI, LGC, Toulouse, France



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

INSTITUT DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE DE TOULOUSE (IRIT)

UMR 5505

Synthèse des travaux

REMERCIEMENTS

Les travaux présentés dans ce dossier n'auraient sûrement pas pu voir le jour sans l'appui et la contribution d'un certain nombre de personnes que je tiens à remercier.

Tout d'abord, je voudrais remercier les membres du jury pour avoir accepté de participer à ce jury.

Jean Luc Soubie qui, malgré les nombreuses tâches qui lui sont imparties, a pris le temps de me guider en acceptant d'être tuteur de ce travail, sans qui mon encrage à Toulouse serait encore à faire et qui m'a accordé toute sa confiance en m'accueillant dans son équipe: Conception des Systèmes Coopératifs.

Jean Charles Pomerol qui, malgré un emploi du temps très chargé, a accepté de rapporter sur ce travail, tâche qu'il avait déjà accomplie lors ma thèse de doctorat à l'Université Paris Dauphine et qui m'a accordé sa confiance lors de mon passage au Laforia en me confiant la tâche d'assistante de rédaction de la Revue des Systèmes de Décision.

Jean Claude Bocquet qui, malgré aussi une charge de travail conséquente, a manifesté de l'intérêt pour mes travaux et a bien voulu accepter de faire un rapport sur mon dossier.

Tung Bui qui, malgré la distance entre nos deux institutions et ses multiples fonctions lui permettant de jouer le globe-trotteur autour de cette planète, a accepté de faire un rapport sur ce travail.

Camille Rosenthal-Sabroux qui, malgré de nombreuses contraintes, a accepté de faire parti de ce jury et grâce à qui j'ai commencé à m'intéresser au thème de la coopération, coopération qui entre nous dure depuis quelques années et qui je l'espère va perdurer.

Chantal Soulé-Dupuy qui, a accepté de faire parti de ce jury, malgré ses nombreuses contraintes.

Germain Lacoste qui, malgré aussi un emploi du temps très complet, a bien voulu faire parti de ce jury, et grâce à qui j'ai enfin pu travailler de manière définitive à Toulouse.

Jean Marc Le Lann qui, malgré les nombreuses tâches qui lui sont imparties, a bien voulu faire parti de ce jury et qui m'a accordé toute sa confiance en me confiant le rôle d'Adjointe au département GI.

Par ailleurs je considère qu'une bonne relation humaine entre deux personnes est la base d'une bonne coopération scientifique. C'est pourquoi je tiens aussi à remercier les personnes avec qui j'ai pu travailler directement durant ces quatorze années. Ils sont nombreux et la liste n'est pas close, mais je voudrais citer tous ceux avec qui les discussions ont souvent été aussi acharnées

Synthèse des travaux

qu'enrichissantes : Patrick Brézillon, Guy Camilleri, les membres du Groupe COOP, Fatima Dargam, Véronique Font, Freddy Adam, Alexandre Gachet, Rita Ribeiro, Antonio Rodriguez, Sandrine Sebal.

Ce travail est bâti sur une coopération entre des enseignants et des étudiants. Je voudrais alors remercier les étudiants que j'ai eu l'occasion d'encadrer : Leoncio, Michel, Guillermo, Florian qui ne sait pas dans quoi il s'engage, Raymond, Loucif, Saber, Ben. Le travail d'encadrement d'étudiants est souvent le fruit d'une coopération entre divers collègues. Je voudrais aussi remercier tous ceux qui ont pu m'aider dans cette tâche : Jean Luc, Germain, Jean Marc, Catherine, Stéphane, Gilles.

De plus, le métier d'enseignant-chercheur est passionnant mais ne serait rien sans les élèves et étudiants. Je tiens à remercier les étudiants qui « sont passés entre mes mains » et qui sont pour moi toujours source de satisfactions.

Le travail d'un chercheur isolé sans l'appui d'une équipe complète n'est rien. C'est pourquoi je remercie chaleureusement toute l'équipe CSC de l'IRIT ainsi que l'équipe GI du LGC.

J'ai une amicale pensée pour les collègues du département GEA1 de l'IUT de Sceaux qui m'ont accueillie lors de mes premières expériences en enseignement dans une ambiance chaleureuse et gaie. Merci à Marie José, Richard, Daniel, Anne Marie, Myriam, Roger.

J'ai aussi une affectueuse pensée pour les amis et collègues du Lamsade de l'Université Paris Dauphine qui m'ont aidée à faire mes premiers pas dans le monde de la recherche. Merci à Dominique, Eric, Denis, Alexis, Patrice, Khalid, Abdel.

Enfin, j'ai aussi une affectueuse pensée pour Jean Pierre Brans, Professeur à la Vrije Universiteit, Bruxelles, grâce à qui j'ai pu connaître le monde EURO.

Mes derniers remerciements sont adressés à ma famille : Thierry, Célia et Inès qui me supportent quotidiennement sans faillir.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	7
CHAPITRE 1 : HYPOTHESE DE TRAVAIL : MODIFICATION DES PROCESSUS DE DECISION DANS LES ORGANISATIONS	13
1.A Etat de l'art	13
1.B Contribution	16
1.C Conclusion	18
CHAPITRE 2 : ETUDE DES PROCESSUS DE DECISION EN MODE ASYNCHRONE ET DISTRIBUE	21
2.A Etude du contexte de cette prise de décision	21
2.A.1 Etat de l'art	21
2.A.2 Contribution	24
2.A.3 Conclusion	25
2.B Une Expérimentation	25
2.C Conclusion	29
CHAPITRE 3 : NECESSITE DE COOPERER	31
3.A Qu'est ce que la coopération ? Etat de l'art	31
3.B Contribution	36
3.B.1 Coopération de type complémentaire	36
3.B.2 Coopération de type interdépendante	37
3.B.3 Coopération de type négociée	37
CHAPITRE 4 : HISTORIQUE DES SIAD	41
4.A SIAD	41
4.B Informatique décisionnelle	44
4.C SIAD Intelligents ou à Base de Connaissances	47
4.C.1 Etat de l'art	47
4.C.2 Contribution	50
4.D Les SIAD de groupe : GDSS	51

CHAPITRE 5 : SYSTEMES COOPERATIFS	55
5.A Groupware	56
5.B Workflow	58
5.C Systèmes Multi Agents	62
5.D Systèmes d'Information Coopératifs	64
5.E Systèmes à base de connaissance Coopératifs	68
CHAPITRE 6 : SYSTEMES COOPERATIFS D'AIDE A LA DECISION : SCAD	73
6.A Etat de l'art	73
6.B Une proposition d'architecture	75
6.B.1 Outil de communications interpersonnelles	77
6.B.2 Outil de Gestion des tâches	78
6.B.3 Outil de capitalisation des connaissances	85
6.B.4 Outil d'Interaction Homme / Machine dynamique	93
6.C Conclusion	96
CONCLUSION GENERALE	99
LISTE DES FIGURES	102
BIBLIOGRAPHIE	103
ANNEXES	113
ANNEXE 1 : Comparaison de deux approches d'aide la décision multicritères	114
1. Présentation du contexte et état de l'art	114
2. Contribution	124
3. Conclusion	128
ANNEXE 2 : Projet Siemens	131
ANNEXE 3 : Apprentissage à Distance	138

Introduction

L'aide à la décision utilise des techniques et des méthodologies issues du domaine des mathématiques appliquées telles que l'optimisation, les statistiques, la théorie de la décision ainsi que des théories de domaines moins formels telles que l'analyse des organisations et les sciences cognitives.

Bien que revêtant un caractère moins normatif que la théorie de la décision, l'aide à la décision est considérée par Roy et Bouyssou (1993) comme une science prenant appui sur trois postulats principaux :

- Postulat de la réalité du premier ordre : les principaux aspects de la réalité sur lesquels l'aide à la décision prend appui se rapportent à des objets de connaissance, objets qui peuvent être regardés comme des données et comme suffisamment stables pour que référence puisse être faite à l'état exact ou à la valeur exacte de telle ou telle de leurs caractéristiques, valeur jugée significative d'un aspect de la réalité ;
- Postulat du décideur : toute décision est le fait d'un décideur : acteur bien identifié, doté de pleins pouvoirs, agissant en vertu d'un système de préférences rationnel au sens d'un certain corps d'axiomes excluant l'ambiguïté et l'incomparabilité, que l'aide à la décision n'a pas pour objet de modifier ;
- Postulat de l'optimum : dans toute situation devant entraîner décision, il existe au moins une décision optimale, décision pour laquelle il est possible d'établir objectivement qu'il n'en existe pas de strictement meilleure et ceci demeurant neutre vis à vis du processus de décision.

Pour Roy et Bouyssou (1993) la capacité de représentation abstraite des phénomènes et l'aptitude au raisonnement hypothético-déductif de l'homme peuvent être et sont depuis longtemps, mises par lui au service de l'action : il réfléchit avant d'intervenir, il construit dans sa tête avant de réaliser.

Synthèse des travaux

C'est précisément cette activité de déduction et de modélisation qui, lorsqu'elle s'exerce consciemment en vue d'éclairer le comportement d'un intervenant dans un processus de décision, constitue l'essence de l'aide à la décision.

Selon Roy et Bouyssou (1993), l'aide à la décision est définie comme étant l'activité de celui (homme d'étude) qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités et plus ou moins complètement formalisés, cherche à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant (décideur) dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service duquel cet intervenant se trouve placé d'autre part.

Par ailleurs, il souligne que l'aide à la décision contribue à construire, à asseoir et à faire partager des convictions. Ce sur quoi et ce par quoi s'élabore la décision doit pouvoir faire l'objet d'une discussion critique.

Afin de supporter cette prise de décision de la manière la plus efficace possible, le développement de logiciels est nécessaire et inévitable.

L'objectif de ce mémoire est de rendre compte des activités de recherche que j'ai pu mener depuis 1991. Au cours de ces 14 dernières années, j'ai eu l'occasion de travailler sur divers thèmes autour de l'Aide à la Décision. Pour des raisons personnelles, de mobilité et de carrière, ces thèmes sont variés et certains travaux n'ont que très peu de liens avec le thème principal de ce mémoire.

C'est la raison pour laquelle l'étude visant à comparer deux approches d'aide à la décision dans le cadre de la conception d'atelier en génie des procédés ne sera pas intégrée au corps du mémoire. Cette étude n'ayant pas de lien direct avec le thème principal de ce mémoire, qui est la conception des Systèmes d'Aide à la Décision, ne sera présentée qu'en Annexe 1.

Synthèse des travaux

Comme indiqué ci-dessus, les travaux présentés dans ce mémoire s'articulent autour de la conception des Systèmes d'Aide à la Décision. Ces systèmes sont utilisés dans des organisations en pleine mutation. Après la rédaction de la thèse d'université en 1991, la notion de coopération nous est apparue comme essentielle dans la conception de tels systèmes. Mais nous avons délibérément choisi de ne pas présenter ces travaux de manière historique et c'est la raison pour laquelle les travaux sur la coopération ne seront présentés que dans le chapitre 3. En effet, le lien existant entre tous ces travaux est présenté comme suit.

L'introduction des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) vient considérablement modifier les processus de décision dans les organisations. Il s'agit ici de notre hypothèse de travail. Nous avons l'avons analysée et publiée sous diverses formes. Cette hypothèse de travail est présentée dans le chapitre 1.

Basé sur cette hypothèse de travail, nous avons étudié ce nouveau contexte de prise de décision. En effet, l'évolution du processus est liée au passage d'un contexte mono décideur à un contexte multi-décideur en mode asynchrone et distribué, avec une nécessité de coopérer entre les divers décideurs. Ces travaux sont présentés dans le chapitre suivant, chapitre 2.

Il est alors utile de définir ce que nous entendons par coopération. Nos contributions issues du thème de la coopération, ainsi qu'un état de l'art, sont ensuite présentés dans le chapitre 3.

Afin de supporter ces nouveaux processus de décision coopérative, le développement de nouveaux outils est nécessaire.

Nous dressons tout d'abord dans le chapitre 4, un historique des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision. Ces outils sont présentés en quatre sections : les SIAD, leur évolution vers l'informatique Décisionnelle pour les systèmes orientés données, l'évolution des SIAD vers les SIAD à Base de Connaissance ou Intelligents et enfin les SIAD de Groupe. Nous montrons tout au long de ce chapitre en quoi ces systèmes déjà définis, développés et utilisés ne répondent plus à la demande actuelle.

Il existe cependant diverses sortes de systèmes coopératifs. Ces systèmes sont généralement utilisés dans les organisations en mode Intranet. Nous présentons dans le chapitre 5 un état de l'art des Systèmes Coopératifs. Les systèmes coopératifs sont regroupés en cinq sections : le groupware, les systèmes ayant vocation de workflow automation, les systèmes multi-agents, les systèmes d'Information Coopératifs ainsi que les Systèmes Coopératifs. Tout au long de ce chapitre nous montrons surtout en quoi ces systèmes ne sont pas aisément utilisables, exceptés les Systèmes à Base de Connaissance Coopératifs, pour la prise de décision coopérative. En effet, un élément essentiel pour supporter la prise de décision coopérative reste la planification interactive. C'est un aspect des SIAD, que j'ai déjà été amenée à définir en 1991 (voir Zaraté (1991)) en contexte mono-décideur mais qui reste essentiel en contexte multi-décideur afin de répartir au mieux les rôles et les tâches entre les divers acteurs.

Enfin, dans le 6^{ième} et dernier chapitre, nous exposons nos contributions visant à définir de nouveaux outils capables de supporter ces processus de décision : les Systèmes Coopératifs d'aide à la décision (SCAD). Il s'agit plutôt d'ateliers logiciels capables d'aider à la prise de décision coopérative. La caractéristique essentielle, qui les différencie des systèmes précédemment définis, consiste en une planification interactive de la coopération entre les divers acteurs.

Cette planification est possible grâce à divers outils :

- planification issue de l'Intelligence Artificielle, présentée dans le projet Aide à la gestion des Situations non nominales ;
- planification issue de la Recherche Opérationnelle et de la programmation linéaire, présenté dans le projet Aide à la planification dans le cadre d'un apprentissage à distance.

Synthèse des travaux

Les Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision sont considérés comme une plate-forme d'outils comprenant :

1. Outil de communications interpersonnelles
2. Outil de Gestion des tâches
3. Outil de Capitalisation des Connaissances
4. Outil d'Interaction Homme / Machine Dynamique.

L'utilité de ces divers outils est montrée dans chaque section relative à chaque outil.

La conclusion de ce mémoire nous permet de dresser les perspectives des travaux sur lesquels nous pensons nous investir dans le futur. En effet, la conception et le développement des Systèmes d'Aide à la Décision ont fortement évolué ces dernières années. Cependant, de nombreux progrès sont encore nécessaires dans le domaine des Interfaces Homme/Machine Coopératives. Par ailleurs, il nous paraît aussi essentiel de pouvoir supporter le processus de décision dans son ensemble dans les organisations lors des phases de pré-décision et de post-décision.

Synthèse des travaux

Chapitre 1 : Hypothèse de travail : Modification des processus de décision dans les organisations

L'objectif de ce chapitre est de montrer comment et en quoi les processus de décision dans les organisations sont en pleine mutation. Ce constat nous servira de base afin de montrer en quoi les outils développés et utilisés jusqu'à présent doivent évoluer afin de mieux répondre aux besoins d'une société en pleine mutation.

1.A Etat de l'art

Tétard (2002) a montré que l'introduction des TIC dans les organisations amène obligatoirement une fragmentation du temps de travail. Il montre aussi que la surcharge d'information est à la fois une source et une conséquence de cette fragmentation. Les agents humains ayant des capacités cognitives limitées, il faut essayer de réduire cette surcharge de travail par des outils adéquats.

Par ailleurs, avec l'essor des TICs, les SIAD classiques deviennent utilisables partiellement : uniquement quand le groupe de décideurs se réunit. On assiste donc à un renforcement du travail collaboratif entre différents acteurs inclus dans le processus de décision.

Dans le travail collaboratif, la modélisation de la coopération est essentielle. L'enjeu est de favoriser le travail en commun, les processus de coopération prennent donc une place centrale, indépendamment des objets du métier.

L'obligation de réactivité des entreprises et l'évolution des technologies ont pour conséquence des modifications profondes des processus organisationnels et des processus cognitifs.

Synthèse des travaux

Les processus organisationnels évoluent et tendent à ce que plus d'acteurs participent à la décision : les responsabilités et l'initiative tendent à être plus distribuées.

En contrepartie, la nécessité de rendre compte et d'informer devient un impératif généralisé. Une grande partie de l'activité des managers consiste à faire participer, à impliquer et motiver le plus grand nombre d'acteurs concernés.

Même lorsque la décision est assumée organisationnellement par un seul, la décision est presque toujours préparée par un travail collaboratif. Les processus de coopération augmentent, ils sont mis de plus en plus à contribution dans la prise de décision, parce que les situations l'exigent. Deux conditions fondamentales de la coopération, notamment, se trouvent favorisées par cette évolution :

- On intensifie les interactions, ce faisant on augmente les possibilités d'instaurer des comportements coopératifs et ceux-ci augmentent effectivement (voir Axelrod (1992) et Delahaye (1995)).
- Cette intensification des échanges, permet de connaître mieux les objectifs des autres acteurs, ce qui est aussi un facteur prépondérant pour établir un comportement coopératif (voir Zachary et Roberston (1990)).

Le contexte organisationnel est omniprésent dans la prise de décision. Il fait partie intégrante des décisions individuelles à travers l'imprégnation de l'acteur, partie intégrante aussi des décisions collectives. Les décisions organisationnelles par définition construisent l'organisation, en même temps qu'elles déterminent son action. Le corollaire est que la prise de décision est souvent diffuse dans l'activité collective et organisationnelle. La décision se construit peu à peu, circulant dans différentes « arènes » d'échanges des acteurs. Quand la décision est prise, d'une certaine façon, un changement d'état organisationnel est opéré.

Synthèse des travaux

Dans l'activité collective, le cheminement de la prise de décision est aussi le lieu de négociations entre les acteurs qui y participent. Dans ce va et vient appelé par Simon (1977) *problem setting / problem solving* où l'on repose sans cesse l'énoncé du problème jusqu'à ce qu'il se résolve facilement, jusqu'à ce qu'il se rapproche de l'état intermédiaire proche de l'état final, il y a négociation entre les acteurs sur la façon de poser le problème, confrontation des différentes façons de poser le problème.

Il est en effet stratégique, pour chaque point de vue, d'éclairer de différentes façons les termes dans lesquels se pose le problème, notamment par les éléments de contexte qui interfèrent sur la définition du problème, sur les conséquences évaluables de certains choix.

Tous ces éléments nous invitent donc, non seulement à revoir notre modèle de la décision, mais à concevoir différemment les assistances que nous proposons en nous focalisant sur trois éléments essentiels : la pléthore d'information, l'importance à accorder aux processus d'innovation et de conception, enfin une relativisation de l'étape du choix et une introduction de la mise en œuvre, des processus de négociations et autres processus collectifs.

L'acteur dans l'organisation est placé dans une nouvelle situation qui se caractérise par un accès très large à l'information voire une pléthore d'information, une participation accrue à beaucoup d'instances, de réunions, de groupes transversaux. Il a donc à faire face à des délais raccourcis de prise de position et à un ensemble de situations qui aboutissent fréquemment au « *cognitive overflow syndrom* » (voir Lahlou (2000)).

Parmi les processus cognitifs qui deviennent prééminents pour gérer les nouvelles situations on trouve la sélection de pertinence et la vigilance qu'elle implique. La pertinence d'un fait est perçue par un individu en fonction des hypothèses fortes qu'elle suscite chez lui (voir Sperber et Wilson (1990)). C'est donc un attribut de l'objet qui s'évalue en fonction de l'effet produit chez le sujet qui le perçoit. On le voit, nous sommes dans une conception de la cognition comme étant « située ». Le besoin de percevoir la pertinence suppose

une implication forte de l'individu par rapport à sa tâche et par rapport à l'organisation.

En effet percevoir rapidement ce qui est pertinent pour l'entreprise suppose une conscience fine et prégnante des intérêts, besoins et perspectives de celle-ci. Plus un fait est pertinent, moins le coût cognitif est élevé. La vigilance est une attitude volontaire de l'acteur qui lui permet d'augmenter ses chances de percevoir des éléments pertinents dans son environnement.

Pour percevoir la pertinence d'informations et saisir les opportunités qu'elles peuvent représenter pour l'entreprise, l'acteur doit exercer une fonction de vigilance.

Pomerol et Adam (2004) ont montré que Simon est non seulement un chercheur qui a beaucoup influencé le domaine des Systèmes d'Information mais encore, bien qu'il n'ait pas directement travaillé sur les Systèmes d'Aide à la décision, a fortement influencé la conception de ces systèmes. En effet, ils ont montré que son apport sur le processus de décision, sur le principe de rationalité limitée, sur les liens entre la prise de décision, l'organisation et la gestion est fondamental dans le domaine des SIAD.

1.B Contribution

Déoulant de ces constats initiaux nous proposons de revisiter le schéma canonique de la décision proposé par Simon, en supposant que nous nous donnons toujours ce cadre pour modéliser le processus de réflexion d'un acteur supérieur au 10^{ième} de seconde (Simon (1977)). Ce que nous venons de décrire et que nous pouvons résumer ainsi : l'environnement changeant beaucoup plus vite, chaque acteur est amené à augmenter ses processus de vigilance, et de veille. Parmi les phases distinguées par Simon (fig. 4), celle d'intelligence devient plus active et complexe, parce que l'environnement qu'il faut prendre

en compte dans cette phase est plus complexe. Mais la façon de « lire » l'environnement est également modifiée, l'acteur a un rôle accru de recherche de la pertinence. Là où il devait effectuer une recherche des éléments d'information pour ne pas en oublier qui soient importants, il doit maintenant opérer un tri ultrarapide dans une pléthore d'information. La phase de conception est aussi plus fréquente, parce que chaque visite de l'environnement implique de relever la pertinence.

La phase de choix ne nous semble pas fondamentalement modifiée dans la mesure où il n'y a pas vraiment, dans le processus ultra rapide décrit plus haut génération d'alternatives similaires et comparaison systématique puis sélection de l'une d'entre elle par un processus rationnel d'évaluation et de raisonnement.

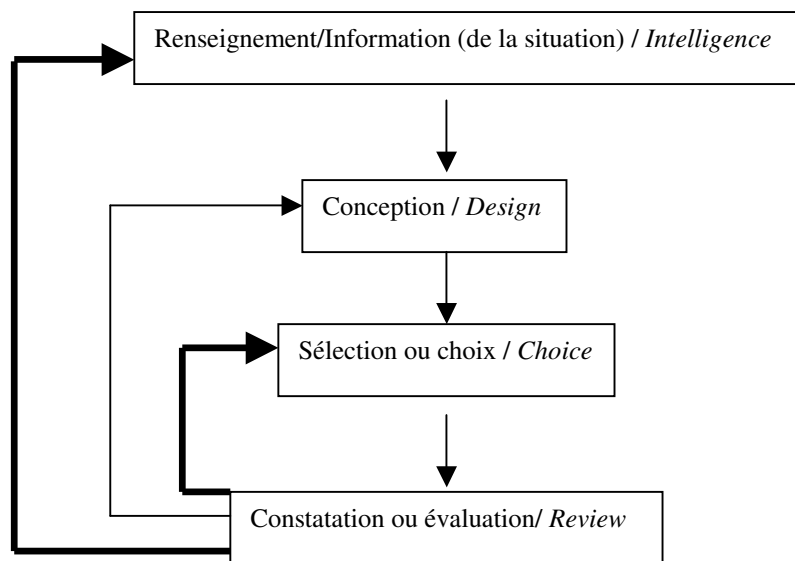


Figure 1 : Le parcours des phases de la décision par Simon (1977) révisé

Le parcours de la boucle se trouve donc modifié (Fig. 1) : les deux premières phases sont visitées plus souvent que la troisième, la boucle de retour partant de choix pour retourner vers intelligence, mais aussi de design vers intelligence se trouvent donc aussi renforcées. Plusieurs itérations sont faites avant d'opérer un choix et même de se poser la question d'opérer un choix. La vision

précédente de recherche de l'information pour élaborer plusieurs solutions possibles dans une phase de « design » orientée vers le choix évolue vers une vision en émergence où le parcours des données sans idées préconçues suggère des alternatives, dont l'une ou l'autre sera choisie de temps en temps. Toujours en utilisant le schéma de Simon (1977) on parcourt en quelque sorte la boucle différemment et les processus que recouvre chaque phase ont évolué. Il demeure important de ne voir dans la séquentialité de ce modèle qu'un artifice pour s'aider à penser, ce que Simon avait lui-même souligné.

Nous retiendrons également que les évolutions des processus organisationnels et des processus cognitifs s'opèrent simultanément et de façon causale et imbriquée.

Ces propositions ont fait l'objet d'une publication à la conférence française d'ingénierie des connaissances (IC2001) en collaboration avec R. Teulier-Bourgine.

1.C Conclusion

Ces travaux ont montré que les processus de décision dans les organisations ont évolué d'un point de vue cognitif. En effet, en partant du schéma de Simon nous avons montré qu'il y a un renforcement des boucles de feedback de la dernière phase : Evaluation en remontant vers les phases de Choix et Renseignement. Ce processus a aussi évolué organisationnellement. Nous sommes passé d'un contexte mono-décideur à un environnement multi-décideurs travaillant généralement en mode asynchrone et distribué. En revanche il est nécessaire d'analyser ce mode de décision particulier. Nous avons contribué à ce type d'étude, ces travaux sont présentés dans le chapitre suivant.

Références contributions

Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourgine R., Zacklad M., Zaraté P. (1993) : GEOCOOP Conception d'une méthode d'acquisition des connaissances contextuelles et de modèles de coopération : Application au développement d'un système géographique d'aide à l'estimation du risque et à la gestion de crises. *Rapport de recherche INRIA n°2052*, Octobre.

Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourgine R., Zacklad M., Zaraté P. (1993) : Modelling of Man-Machine Cooperation for the design of Knowledge Based Support Systems. *Rapport de recherche du Laforia n° 93/25*, Juillet.

Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourgine R., Zacklad M., Zaraté P. (1992) : Modélisation de la coopération homme/machine : Bibliographie commentée Groupe COOP. *Rapport de recherche EHEI n° 92-11-2*.

Teulier-Bourgine R. et Zaraté P. (2001) : Vers une problématique de l'aide à la décision utilisant les connaissances. *Actes de la Conférence en Ingénierie des Connaissances IC'01*, Grenoble, France, pp 147-166.

Teulier-Régine R. et Zaraté P. (Eds) (2000) : Numéro Spécial de travaux présentés lors de la conférence COOP'98. *Group Decision and Negotiation*, éditeur en chef M. Shakun, Kluwer, volume 9, Numéro 3, Mai 2000.

Synthèse des travaux

Chapitre 2 : Etude des processus de décision en mode asynchrone et distribué

Le constat de base étant posé, nous étudions dans ce chapitre le processus de décision dans ce contexte particulier en mode multi décideurs, asynchrone et distribué. En effet, avant de pouvoir réaliser des outils logiciels capables de supporter ce processus de décision, nous devons tout d'abord comprendre comment il est construit et comment les décideurs fonctionnent dans ce cadre et c'est l'objet de la première section.

Cette étude a été complétée par une expérimentation auprès d'étudiants que nous présentons dans la deuxième section.

2.A Etude du contexte de cette prise de décision

2.A.1 Etat de l'art

Dans la plupart des organisations, la grande majorité des décisions sont prises après une consultation intensive de plusieurs personnes et non par des décideurs individuels travaillant dans des organisations plus larges (voir Gory et Scott Morton (1971)). Par ailleurs Gory et Scott Morton (1971) ont montré que plus les organisations devenaient complexes moins les décisions étaient prises par des individus seuls. Pour Smoliar et Sprague (2002) les processus de décision dans les organisations impliquent généralement plusieurs acteurs interagissant les uns avec les autres. Cette interaction implique une communication de l'information ainsi qu'une compréhension partagée par les décideurs impliqués dans ces processus. Ils analysent cette interaction selon trois dimensions : le sens des connaissances manipulées doit être commun à tous ; l'autorité nécessaire pour un agent artificiel ou non de pouvoir réguler les charges de travail ; enfin la confiance que les utilisateurs peuvent avoir dans les

Synthèse des travaux

diverses technologies, qui peut notamment passer par différentes visualisations des connaissances partagées.

Les participants à un processus de décision doivent joindre leurs efforts pour un but commun où ils doivent intégrer des points de vue multiples qui ne sont pas forcément en harmonie les uns avec les autres. Ils doivent travailler ensemble pas forcément au même endroit ni au même moment. Ils sont engagés dans un effort de coordination afin de résoudre le problème ou ils doivent diviser la prise de décision en différentes sous tâches qui seront affectées à des participants individuels.

Un certain nombre d'auteurs ont analysé le processus de décision de groupe selon diverses dimensions sans véritablement introduire la notion de contexte à prendre en compte dans le développement d'outils capable de supporter les décideurs. On peut aussi noter que ces analyses sont faites sous l'angle de divers domaines notamment sous celui de la psychologie sociale. Dans ce cadre citons le travail de MacGrath (1984) qui a montré que le comportement des groupes est difficile à analyser dans l'absolu. La notion de contexte de travail doit aussi être prise en compte. En effet il montre aussi qu'il est nécessaire de comprendre également la nature de la tâche donnée au groupe ainsi que ses caractéristiques.

Nous nous sommes particulièrement intéressé au travail de Marakas (2003) pour qui le processus de prise de décision de groupe doit être analysé sous 5 dimensions : la structure du groupe, les rôles du groupe, les processus de groupe, le style du groupe ainsi que les normes du groupe. En effet, cette analyse nous apparaît comme pertinente dans la mesure où elle propose une définition du contexte du travail de groupe.

La structure du groupe : Il la définit par différentes sortes de structures dépendant du nombre de personnes et du type de groupe : individu, équipe avec une notion de hiérarchie, comité avec une nécessité de consensus parmi les membres du groupe, groupe moins structuré ;

Les rôles du groupe : chaque membre du groupe peut prendre un ou plusieurs rôles spécifiés (analyste, utilisateur du SIAD etc....) ;

Synthèse des travaux

Les processus du groupe : les processus utilisés pour la prise de décision peuvent l'influencer considérablement. En effet si les processus de circulation de flux d'information ou de décision sont en général bien connus, et peuvent être analysés sous forme de workflow par exemple ; la façon dont le processus doit converger n'est en général pas explicite et elle peut faire basculer la décision dans un sens ou un autre. Un consensus doit-il être atteint ? Si oui, y a-t-il un délai à ne pas dépasser ?

Le style du groupe : le style d'un décideur peut affecter le processus, son comportement sous certaines conditions ainsi que la qualité des sorties de la décision ;

Les normes du groupe : il s'agit de la dimension probablement la plus importante. La psychologie sociale de la prise de décision revêt une importance particulière.

Il est important d'être attentif à l'existence d'un sens partagé parmi les participants, aux pressions collectives ou individuelles sociales, aux genres (équilibre masculin, féminin) ainsi qu'aux prescriptions concernant le comportement du groupe, les croyances personnelles, les sanctions potentielles, qui constituent l'environnement de la prise de décision.

Selon Brézillon (2003) la construction de la connaissance partagée parmi les membres du groupe se déroule de manière dynamique et passe par une procéduralisation du contexte, c'est à dire une activation d'une partie du contexte général de la tâche se mettant en œuvre par interactions entre différents individus. Par ailleurs Brézillon (2003) définit une granularité différente du contexte selon le focus de la tâche ou la prise de décision. Il montre notamment que le contexte d'une prise de décision est dynamique et varie selon que l'on observe le groupe dans sa globalité ou une série de plusieurs individus ou simplement le contexte du projet.

2.A.2 Contribution

Brézillon et al. (2003) ont publié une étude de cas, dans le domaine de l'édition d'un quotidien ainsi qu'un hebdomadaire en Irlande. Ces derniers ont montré que l'introduction des technologies de l'information et de la communication dans cette entreprise a modifié considérablement le processus de production améliorant de ce fait la productivité de l'entreprise. Nous avons analysé cette étude de cas selon les dimensions d'analyse définies par Marakas et nous avons montré que l'introduction des TIC pour la prise de décision implique une modification de la structure du groupe :

La structure devient plus diffuse ; le groupe se construit généralement de manière ad hoc sans qu'il existe une véritable formalisation de sa structure. Le groupe ne sait pas s'il est structuré en équipe, ou en comité ou de manière hiérarchique ;

Le style du groupe inclut différents styles provenant des divers groupes constituant le groupe de décision ; le groupe ne s'établissant que pour un besoin précis, les membres n'ont pas matériellement assez de temps pour créer un style au groupe ;

Les normes on peut observer le même phénomène pour les processus du groupe ; ils proviennent de différents groupes et sont donc mêlés les uns aux autres ;

Les rôles du groupe incluent plusieurs rôles provenant des différents groupes ; un membre du groupe va créer son propre rôle qui pourra être un mélange de rôles qu'il a précédemment joués dans d'autres groupes.

Nous avons par ailleurs montré que la dynamique du contexte de prise de décision, sous influence des TIC, est plus réactive et plus volatile. La charge cognitive des décideurs est plus lourde car ils partagent plus d'informations et ils doivent donc se souvenir de plus d'informations.

Cette contribution, en collaboration avec Patrick Brézillon, se traduit par des publications notamment celle dans la revue « Journal of Decision Systems » à paraître (2005).

2.A.3 Conclusion

Lors de la réalisation de systèmes, quels qu'ils soient : d'aide à la décision, coopératifs, la prise en compte du contexte de l'étude ou tout au moins l'étude de ce contexte nous paraît essentielle lors de l'élaboration des spécifications du système à réaliser.

Afin de valider l'étude théorique du contexte, précédemment décrite, nous avons réalisé une expérimentation de prise de décision avec à des élèves ingénieurs de troisième année de l'ENSIACET/INPT.

2.B Une Expérimentation

Dans cette section nous présentons une expérimentation que nous avons menée avec à des élèves ingénieurs de l'ENSIACET/INPT. Nous tenons à les remercier tous en guise d'introduction à cette section car sans leur bonne volonté et leur investissement cette étude n'aurait pas pu voir le jour.

L'expérimentation a été définie de la manière suivante. Il s'agit de demander aux élèves de prendre une décision à 10 tout d'abord en mode synchrone non distribué : autour d'une table, puis de leur demander de prendre une autre décision similaire en mode asynchrone et non distribué puis finalement de prendre une troisième décision en mode asynchrone et distribué. Ils ont à leur disposition un logiciel d'aide à la décision de groupe multicritère : Coop développé par Tung Bui (1987) dans les trois cas. L'outil met à disposition plusieurs méthodes d'aide à la décision multicritère : Promethee, Saaty, Electre, Somme pondérée. Les élèves ne pourront utiliser que deux méthodes : Electre et la somme pondérée car ce sont les seules qu'ils connaissent. Le système peut être utilisé en mode asynchrone, distribué ou non. Il permet aussi de définir une zone de négociation entre les décideurs et de voir si un consensus a été atteint. Les décisions à prendre sont différentes d'une expérience à une autre. Dans le premier cas il s'agit de simuler le recrutement d'une personne parmi trois pour

une entreprise, selon cinq critères définis au préalable. Dans le deuxième et troisième cas il s'agit d'affecter une bourse d'étude à un élève parmi trois, partant étudier lors de sa dernière année d'étude à l'étranger. Les élèves décrits dans les situations deux et trois sont évidemment différents. En revanche les critères à prendre en compte sont les mêmes et sont aussi définis auparavant.

Les problèmes sont définis de telle sorte que la décision à prendre ne soit pas évidente. Chacun des 10 décideurs a le même poids que les autres et ce pour les trois situations. Nous ne notons pas d'effets significatifs d'apprentissage malgré la similitude des tâches ; tout au moins cet effet, s'il en existe un, est pris en compte dans l'analyse. Pour la première expérience, en mode face à face, les étudiants discutent d'abord autour de la table puis chacun se forge peu à peu sa propre opinion. Quand ils se sentent prêts, ils peuvent individuellement remplir leur propre préférence dans le système CooP installé dans la salle de réunion. Jean Luc Soubie et moi-même sommes présents pour les supporter et la tâche dure le temps d'une séance de travail dirigé. Nous leur apportons des clarifications sur le problème à traiter ainsi que sur l'utilisation du système CooP ; nous jouons le rôle de chef de projet sans pour autant donner nos propres décisions. Ils sont filmés et enregistrés. A la fin de la séance les problèmes relatifs aux expériences deux et trois leur sont distribués ainsi qu'un questionnaire à remplir.

Pour l'expérience deux, ils viennent quand ils veulent remplir leur propre préférence sur l'ordinateur de cette même salle de réunion avant une date limite imposée. Pour l'expérience trois, ils vont quand ils le souhaitent remplir leur propre préférence sur plusieurs ordinateurs de plusieurs salles machines toujours avant la même date limite. Par ailleurs ils doivent aussi répondre avant cette date limite au questionnaire. En terme d'analyse multicritère des trois problèmes à résoudre il s'agit d'un problème de choix et non de classement ni de tri (pour plus de détails voir Roy (1985)). Bien que cette expérimentation ne soit pas prise en compte pour l'évaluation des modules Méthodes et Outils d'Aide à la Décision, qu'ils ont subi, elle a connu un vif succès auprès des

Synthèse des travaux

étudiants : ils ont tous répondu. En résumé, nous pouvons synthétiser les caractéristiques de ces trois expériences dans le tableau suivant :

Caractéristiques	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Mode	Les membres du groupe discutent autour d'une table et donnent leur propre préférence sur un ordinateur spécifique	Les membres du groupe vont remplir leur propre préférence quand ils le souhaitent sur ce même ordinateur	Les membres du groupe vont remplir leur propre préférence quand ils le souhaitent sur plusieurs ordinateurs
Structuration du problème	Imposée par les chefs de projet	Imposée par les chefs de projet	Imposée par les chefs de projet
Communication parmi les membres du groupe	Imposée autour de la table	S'ils le souhaitent	S'ils le souhaitent
Type de problème	Recrutement	Affectation d'une bourse d'étude	Affectation d'une bourse d'étude

Figure 2 : Tableau résumant les caractéristiques de l'expérimentation

Le questionnaire a été conçu de manière à pouvoir éclairer certaines des questions que nous nous posions : un consensus peut-il émerger naturellement dans un contexte asynchrone et distribué ? Si oui, Y a t il eu des échanges entre les membres du groupe ? Chaque décideur dans son coin ne se sent-il pas perdu : s'intéressent-ils les uns aux autres ?

Est ce que cela les force à coopérer ? L'efficacité de l'émergence de la décision est-elle liée au nombre d'échanges entre décideurs. Existe-t-il des différences pour les décideurs entre les situations deux et trois ?

D'une manière générale, nous avons pu montrer que nos sujets ne voient aucune différence entre les situations deux et trois. Ils n'éprouvent non plus aucun besoin de communication entre eux et ils n'ont pas communiqué entre eux pour ces deux situations si ce n'est pour se rappeler le mot de passe d'utilisation du logiciel Coop. Par ailleurs, nous avons aussi montré que d'une manière générale nos sujets marquent une préférence pour l'expérience une

puis pour l'expérience trois puis pour l'expérience deux. Il est à noter que les différences entre les tâches ne sont pas significatives pour expliquer ces résultats.

Cette expérimentation a fait l'objet d'une publication à la conférence internationale HICSS'05 en collaboration avec J.L. Soubie. Cette expérimentation est en cours d'approfondissement pour l'aspect d'analyse des votes du groupe.

Bien que nous soyons conscients des biais de cette étude nous considérons que la situation asynchrone non distribuée n'apporte aucune souplesse en terme d'utilisation de systèmes d'aide à la décision de groupe si ce n'est pour stocker de l'information ou de la connaissance sur un lieu très précis. Par ailleurs il nous paraît essentiel, en prise de décision de groupe, de maintenir les contacts sociaux entre les membres du groupe. En effet, l'avantage majeur de la situation « face to face » réside dans la possibilité offerte aux individus de pouvoir discuter et argumenter. Le processus d'argumentation est une étape clé d'un processus de négociation. Il serait réducteur d'associer symétriquement négociation et prise de décision. La négociation est une des formes de prise de décision, mais il peut exister des décisions de type choix, classement etc... L'argumentation est donc essentielle en négociation mais est aussi nécessaire en matière de choix ou classement. Elle va permettre à tout individu de faire évoluer plus rapidement son propre jugement. Nous considérons alors qu'un processus de décision doit être géré de la même manière qu'un projet est géré en y introduisant des jalons, des rencontres afin de permettre à tous les individus de passer par une phase d'argumentation.

Nous avons pu détecter deux types de biais à cette expérience. Le premier provient de la nature même de l'expérience avec des étudiants pour lesquels la motivation est moins grande qu'en situation réelle avec de vrais décideurs dans des organisations. En effet il ne s'agit que d'une simulation avec toutes les limites qu'elle comporte. Le deuxième vient du fait qu'entre la première et la

troisième expérience un phénomène d'apprentissage pour les étudiants a sûrement dû s'opérer leur permettant de prendre leur troisième décision plus facilement que la première.

2.C Conclusion

Nous devons noter une conclusion importante de ce chapitre, qui nous servira par la suite. Tout en étant supporté par des outils de plus en plus avancés et sophistiqués, les décideurs montrent une préférence pour les situations réelles de confrontation (face to face) avec une construction lors de ces confrontations de connaissances procéduralisées communes. Nous devons aussi souligner une autre conclusion sur laquelle nous nous appuyons par la suite. La situation de prise de décision en mode asynchrone et non distribué n'est pas du tout préférée par les décideurs. En matière de prise de décision cette situation n'a aucune raison significative d'être appliquée et utilisée.

Références contributions

Brézillon P. et Zaraté P. (2005) : Group Decision Making : A Context oriented View. *Journal of Decision Systems Numéro special : Case studies in Decision Making and Decision Support in a Complex World*, Humphreys P. et Sammon D. (Eds), volume 14, numéro 3, à paraître.

Brézillon P. et Zaraté P. (2004) : Group Decision Making: A Context oriented view. *Actes de la Conférence Internationale IFIP8/WG8.3*, Meredith R., Shanks G., Arnott D., Carlsson S. (Eds), Prato, Italie, ISBN 0 7326 2269 , pp 123-133, 1-3 Juillet.

Zaraté P., Soubie J.L., Borges M., Pino J. (Eds.) (2005) : *Proceedings of the workshops n°5 : « Cooperative Systems » and n°10 : « Groupware and Context » of the 5th International and Interdisciplinary Conference on Modelling and Using Context*. Paris, France, Edition **CEUR**, volume 133, 5 Juillet.

Zaraté P., Soubie J.L. et Bui T. (2005) : Experiment of a Group Multi-criteria Decision Support System for Distributed Decision Making processes. *Actes de la Conférence Internationale HICSS38*, Hawaii, USA, 3-6 Janvier.

Synthèse des travaux

Chapitre 3 : Nécessité de Coopérer

Comme démontré dans le chapitre 1, les processus cognitifs et organisationnels de prise de décision ont évolué. On assiste à un éclatement de ces processus avec une nécessité de coopérer pour les différents acteurs impliqués dans ces processus de prise de décision que nous appelons « décision coopérative ». Différents acteurs sont impliqués dans le processus avec une nécessité de communiquer entre eux, voire de coopérer.

Avant de définir des nouveaux systèmes capables de supporter la prise de décision coopérative, nous devons définir la coopération ainsi que les concepts associés : coordination, collaboration.

3.A Qu'est ce que la coopération ? Etat de l'art

Schmidt et Bannon (1992) proposent d'utiliser la définition du travail coopératif comme point de départ pour la définition de la coopération. Ils caractérisent le travail coopératif comme des personnes travaillant ensemble et qui sont mutuellement dépendantes dans leur travail et qui coopèrent de manière à satisfaire à leur tâche. Il s'agit ici du point de vue d'un observateur extérieur au système global.

La coopération peut aussi et a contrario être définie d'un point de vue de chaque agent impliqué dans le processus général. Pour de Terssac et Maggi (1996) la coopération est le moyen de dépasser les limites individuelles. La coopération peut aussi être définie comme l'ensemble des actions collectives finalisées et développées pour dépasser les propres limites individuelles.

Une autre façon de cerner le processus de coopération entre différents agents, serait de le définir en adoptant un angle d'analyse organisationnel. Pour Hatchuel (1996) la coopération est la raison d'être des organisations. Coopérer n'est pas un ensemble d'actions tournées vers un objectif commun. Le processus de coopération s'appuie sur des apprentissages croisés afin de permettre à

chaque acteur de construire ses propres objectifs tout en interagissant avec son partenaire.

Coopérer c'est donc explorer ce qu'il peut y avoir comme coopération entre les partenaires. Hatchuel définit donc la coopération plus par rapport à chaque individu que par rapport l'organisation globale.

La coopération homme/homme a longtemps été un terrain d'observation servant de base au développement d'outils d'aide à la réalisation d'une tâche dits coopératifs. Dans cette optique, un agent est nécessairement un être humain. Ces observations de la coopération homme/homme ont servi de base pour le développement de systèmes coopératifs. La coopération va alors pouvoir être observée à plusieurs niveaux : soit entre l'homme et le système ; soit entre les différents agents constituant le système ; soit encore d'un point vue global au système.

Selon Erschler et al. (1993) la coopération est une (re)négociation de contraintes entre différents centres de décision. Pour Erschler, un agent est vu comme un agent décisionnel. La coopération est alors décrite comme un processus d'argumentation entre divers agents, processus nécessaire lors d'une prise de décision. L'angle d'analyse se situe ici au niveau de chaque agent.

D'un point de vue du système global, pour qu'il y ait coopération entre divers agents, il faut qu'un certain nombre de conditions soient respectées. Selon Soubie (1998) pour qu'il y ait coopération entre différents acteurs, il faut :

- Un but commun,
- Des acteurs impliqués dans un processus de résolution de problème,
- Des outils de communication,
- Les tâches à accomplir afin de résoudre le problème général, doivent être séparables.

C. Rosenthal-Sabroux (1996) a proposé une analyse de la coopération selon quatre points de vue :

- Point de vue du dialogue et de la communication (voir Falzon (1991) et Pavard (1987)), où la coopération entre les divers agents est analysée horizontalement : quels sont les impacts d'une tâche coopérative sur le dialogue entre les agents ? La coopération est ici vue entre l'homme et le système et entre les agents constituant le système.
- Point de vue organisationnel (voir Mintzberg (1979)), où la coopération entre les divers agents est analysée verticalement : comment les agents vont ils s'auto-organiser afin de répondre à une tâche coopérative ? La coopération est ici aussi comme dans le point précédent analysée entre l'homme et le système et entre les agents constituant le système.
- Point de vue du contrôle de processus dans les problèmes de supervision (voir Millot (1987)), où la coopération est définie horizontalement : comment les différents agents, d'un atelier de production par exemple, vont ils réagir les uns par rapport aux autres lors d'une modification de tâche ? Mais la coopération est aussi analysée verticalement : comment gérer le contrôle du processus ? Y a t il une nécessité de coopérer entre les agents constituant le processus de production, par exemple, et les agents assurant le contrôle global du processus ? Les trois niveaux d'analyse du processus de coopération sont ici présents : entre l'homme et le système, entre les divers agents et d'un point de vue global au système.
- Point de vue de l'Intelligence Artificielle Distribuée et multi agents (voir Bouron (1993)), la coopération est ici analysée du point de chaque agent : quelles sont les informations nécessaires à un agent pour parfaire sa tâche ? Comment vont ils se coordonner ? Le point d'observation est ici placé au niveau des agents constituant le système.

Synthèse des travaux

Notre intention est de donner une définition de la coopération susceptible de pouvoir être utile lors du développement de systèmes coopératifs. Pour ce faire nous avons tenté d'intégrer les trois points de vue : coopération homme/système, coopération entre divers agents, coopération d'un point de vue du système global.

Nous proposons alors la définition suivante :

- Implique la participation de plusieurs agents (humains ou non) pour la résolution d'un problème : point du vue système global,
- Ayant un objectif commun
 - Total : point de vue du système global,
 - Partiel : point de vue des agents,
- Possédant des moyens de communication : point de vue des agents et point de vue de la coopération homme/système,
- Possédant des capacités de décomposition du problème à résoudre en sous problèmes : point de vue du système global et des agents,
- Chaque agent ayant des compétences / connaissances pour la réalisation de tâches : point de vue des agents,
- Possédant une fonction de répartition et de contrôle de l'allocation de tâches à des agents (allocation de ressources) : point du vue du système global.

Afin de pouvoir assurer une bonne coopération entre chaque agent, une coordination et/ou collaboration s'imposent entre eux. Mais quelle différence existe-t-il entre coopération, collaboration, coordination ?

D'un point de vue de chaque agent, Dillenbourg et al (1996) affirment que la collaboration s'appuie sur un engagement mutuel des participants dans un effort coordonné pour résoudre ensemble un problème posé.

D'un point de vue du système global, Menachof et Son (2003) voient la collaboration comme un cadre permettant d'ordonner différentes formes coopératives entre des organismes indépendants.

Synthèse des travaux

Nous voyons la collaboration comme une forme dégradée (moins perfectionnée) de coopération. La collaboration :

- Implique la participation de plusieurs agents (humains ou non) pour la résolution d'un problème : point de vue système global,
- Ayant un objectif commun
 - Total : point de vue système global,
 - Partiel : point de vue des agents,
- Possédant des moyens de communication : point de vue des agents et point de vue de la coopération homme/système,
- Chaque agent ayant des compétences / connaissances pour la réalisation de tâches : point de vue des agents, Possédant des capacités de décomposition du problème à résoudre en sous problèmes : point de vue du système global et des agents.

En matière de coordination, l'analyse ne peut être faite que de deux points de vue : système global et agents. En effet, on parlera plus de communication homme/système que de coordination homme/système. D'un point de vue des agents, Thomassen et Lorenzen (2001) voient la coordination comme une mise en cohérence des actions des agents qui entreprennent différentes activités, réduisant au minimum les coûts de division du travail. D'un point de vue du système global, Rose et al (2002) définissent la coordination comme l'ensemble des règles et des procédures qui assurent le fonctionnement d'un groupe.

La coordination est nécessaire à la coopération. En revanche si les membres d'un groupe n'arrivent pas à se coordonner, on parlera alors plus de collaboration que de coopération. La coordination :

- Possède une fonction de répartition et de contrôle de l'allocation des tâches : point de vue du système global,
- Fait partie intégrante de la coopération au même titre que la communication.

Nous venons donc de voir que coordination et collaboration sont complémentaires pour une activité coopérative.

Mais qu'en est-il en matière de coopération dans un processus de décision ? Nous avons vu au début de ce paragraphe qu'Erschler voit la coopération comme une renégotiation de contraintes entre différents centres de décision. Nous pouvons mentionner une école de pensée, issue des Sciences de Gestion, qui définit l'interaction entre managers comme étant basée sur le conflit plutôt que sur la collaboration (voir Easterbrook (1991), Brunsson (1989)). En matière de prise de décision la coopération peut être vue comme une négociation entre différents agents où le processus d'argumentation devient essentiel. En matière de prise de décision, la dimension de la négociation fait partie intégrante de la coopération. Nous proposons de définir la coopération sous différents types intégrant la notion de négociation et c'est l'objet du paragraphe suivant.

3.B Contribution

Notre proposition consiste à définir différents types de coopération, établis en fonction des différentes interactions possibles entre l'utilisateur et le système : coopération de type complémentaire, coopération de type interdépendante puis finalement coopération de type négociée.

3.B.1 Coopération de type complémentaire

Chaque agent artificiel ou non a une tâche bien définie à exécuter, en fonction de ses capacités et/ou du contexte dans lequel il se situe. L'affectation d'une tâche à l'un ou à l'autre des agents est évolutive. Elle peut être figée au départ par le concepteur du système ou peut être paramétrée de façon à évoluer en cours de réalisation de la tâche. La caractéristique principale de ce type de coopération tient au fait qu'il n'y a pas d'interférences entre les tâches : elles sont véritablement indépendantes les unes des autres. Chaque tâche a donc une qualification bien précise et standardisée.

Dans ce cas l'objectif général n'est pas nécessairement partagé ni connu de tous les intervenants. Il s'agit plutôt de mettre l'accent sur la notion de tâches à accomplir. C'est en fonction de celles-ci, et en fonction des compétences de chaque partenaire, que les rôles des agents sont attribués.

3.B.2 Coopération de type interdépendante

Chaque partenaire agit dynamiquement en fonction de la tâche qu'il choisit d'exécuter. Comme dans la coopération de type complémentaire, les rôles ne sont pas statiques, ni désignés d'avance, mais dépendent en revanche de la demande ou de la réponse de chaque partenaire. Il s'agit plutôt d'un consensus d'allocation des tâches ou d'une intervention de type opportuniste. Dans ce cas, le but doit être connu et partagé de tous les partenaires. D'un point de vue de la science des organisations, ce type de coopération peut être assimilé à l'ajustement mutuel, où chacun des acteurs trouve sa place dans l'organisation en fonction de celle des autres, et en fonction des échanges entre tous (Mintzberg, 1979). D'autres auteurs la définissent comme une coopération intégrée (Schmidt, 1991).

3.B.3 Coopération de type négociée

Chaque partenaire a une position à défendre ou à négocier, qui est plus ou moins en compétition avec celles des autres. Il n'y a aucun accord, aucune entente préalable entre les différents partenaires. La démarche de ce type de coopération repose sur l'argumentation des différentes parties prenantes. Le raisonnement et son cheminement, ainsi que les explications (au sens large du terme), prennent ici une place prépondérante. Dans ce cas, chaque partenaire poursuit son propre objectif qu'il peut dissimuler aux autres ou même déguiser à dessein. Ce type de coopération a aussi été défini par Schmidt (1991) comme coopération en contradiction.

Synthèse des travaux

Les trois types de coopération que nous avons définis permettent de mieux spécifier les rôles de chaque partenaire dans un processus d'interaction, que ce soit dans une démarche coopérative ou pour des systèmes d'aide à la décision. Ces trois types de coopérations nous permettent aussi de mieux définir, en terme d'interaction homme/système, la manière dont les utilisateurs vont interférer avec le système.

En ciblant cette relation homme/machine, nous spécifions le système pour le concepteur. En ce sens nous augmentons la qualité et l'efficacité du couple homme/machine.

Nous avons défini une hiérarchie dans le degré de coopération, de la moins coopérative - coopération complémentaire - à la plus coopérative -coopération négociée. Par ailleurs nous avons aussi défini la coopération comme une échelle continue de coopération ou le degré 0 de coopération serait une répartition des rôles et tâches de manière très statique à la limite donc de la coopération de type complémentaire.

Ces travaux ont fait l'objet de publications notamment lors de la conférence internationale COOP'95.

La notion de coopération est un concept très large qui peut être appliqué aussi bien à la notion d'entreprise étendue, qu'à celle d'inter organisations ou plus simplement appliqué à plusieurs individus. Cette notion constitue pour nous un élément à prendre en compte pour la conception de systèmes d'aide à l'activité. En d'autres termes nous considérons donc que les systèmes d'aide à la décision doivent évoluer vers des systèmes coopératifs. Le chapitre suivant a pour objectif de dresser un historique des SIAD afin de montrer leur évolution jusqu'aux Systèmes Coopératifs qui seront présentés au chapitre 5.

Références contributions

Blay-Fornarino M., Pinna-Dery A.M., Schmidt K., Zaraté P. (Eds) (2002) : *Cooperative Systems Design : A challenge on the Mobility Age*. IOS Press, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol 74, ISBN 1 58603 244 5, Juin.

Darses F. et Zaraté P. (Eds.) (1998) : *Actes de la Troisième Conférence Internationale sur le « Design of Cooperative Systems » COOP'98*, 26-29Mai, Cannes, France, Rapport INRIA, volumes I et II.

Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1995) : Cooperation typology for decision support. *Actes de la Conférence Internationale COOP'95*, Antibes, France, 25-27 Janvier, pp 254-265.

Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1994) : Une typologie pour une démarche coopérative. *Atelier Systèmes à Base de Connaissances Coopératifs, CongrèsIA 94*, Paris, France, 31 Mai.

Synthèse des travaux

Chapitre 4 : Historique des SIAD

Dans ce chapitre nous dressons un historique des SIAD de leurs définitions initiales, jusqu'aux SIAD Intelligents tout en définissant leur évolution actuelle vers l'Informatique Décisionnelle ainsi que les SIAD de Groupe : « GDSS ».

4.A SIAD

Le concept de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) a tout d'abord été introduit par l'école anglosaxonne et est la traduction du concept de Decision Support Systems (DSSs). Un des tous premiers auteurs à l'avoir introduit et diffusé est Scott Morton (1971) qui a introduit la notion de Systèmes de décision et de Gestion (Management Decision Systems). Son livre, traitant de décision et de Gestion, est basé sur une recherche qui combine à la fois les ordinateurs, des modèles analytiques et des terminaux utilisant des techniques de visualisation et d'interactivité. Cette approche est basée sur l'analyse des décisions clés et fournit alors aux décideurs un support, une aide dans leur processus de prise de décision. Cette aide est possible dans des situations complexes et mal structurées et peut être utilisée par les décideurs en conjonction avec leur propre sentiment intuitif du problème et de sa solution.

Une des définitions les plus citées est celle de Keen et Scott Morton (1978, p1).

Les SIAD impliquent l'utilisation d'ordinateurs pour :

1. Assister les décideurs dans leur processus de décision dans des tâches semi structurées ;
2. Aider plutôt que remplacer le jugement des décideurs ;
3. Améliorer la qualité de la prise de décision plutôt que l'efficacité.

Beaucoup d'autres définitions ont été publiées faisant référence à celle-ci et comportant quelques variations.

Synthèse des travaux

Keen et Scott Morton expliquent tout d'abord que cette aide est apportée par des machines, puis dans un premier point ils précisent dans quel contexte elle peut être donnée. Enfin dans les deux derniers points une nuance très importante est faite entre les termes anglo-saxons *efficiency* et *effectiveness*.

L'adjectif *efficient*, correspondant au terme *efficiency*, implique une réponse à une tâche donnée aussi bien que possible selon un certain nombre de critères de performance, alors que l'adjectif *effectif*, correspondant au terme *effectiveness*, impose l'identification de ce qui doit être fait et l'assurance que les critères choisis sont pertinents. Le terme *effectif* requiert adaptation et apprentissage avec le risque de redondance et de faux départs, alors que celui d'*efficient* implique un recentrage de l'objectif et une minimisation du temps, du coût et/ou des effets requis pour mener à bien une activité.

Le concept d'aide à la décision interactive est basé sur l'équilibre entre le jugement humain et le traitement des informations par l'ordinateur. Keen et Scott Morton présentent les SIADs comme des systèmes se consacrant aux tâches semi structurées. Les critères pour le développement de tels systèmes sont très différents de ceux pour des situations structurées. Les mots clés sont apprentissage, interactivité, support et évolution plutôt que remplacement, solution, procédure et automatisation.

Sprague et Carlson (1982, p.4) ont donné une définition très proche de celle proposée par Keen et Scott Morton : Les SIAD peuvent être caractérisés comme des systèmes informatisés, interactifs qui aident les décideurs en utilisant des données et des modèles pour résoudre des problèmes mal structurés. Leur définition repose sur les mots données et modèles qui définissent l'architecture des SIAD proposée par les mêmes auteurs.

Synthèse des travaux

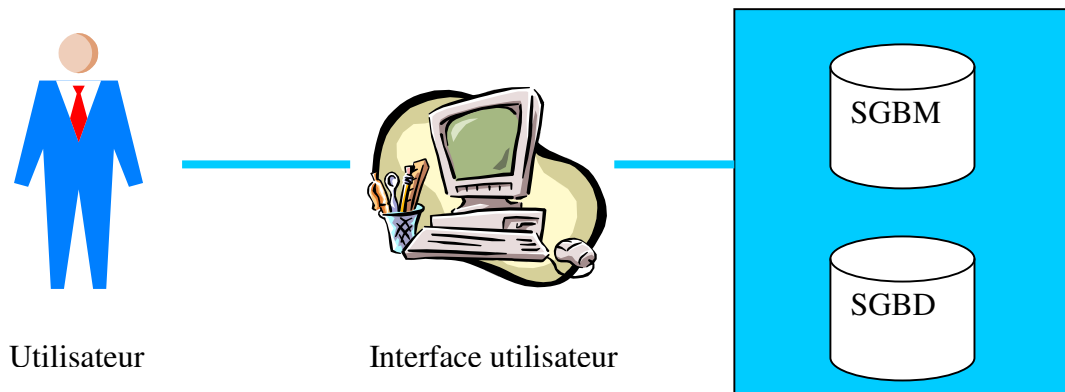


Figure 3 : Architecture des SIAD selon Sprague et Carlson (1982)

Cette architecture est composée : d'une interface Homme/Machine ; d'un Système Gestionnaire de Base de Données (SGBD) incluant la Base de Données ainsi qu'un Système Gestionnaire de Base de Modèles (SGBM) incluant une Base de Modèles.

Bonczek, Holsapple et Whinston (1981) ont cherché à trouver des points communs entre ces nombreuses définitions.

Il suffit d'observer que ces définitions concourent à dire que le système doit aider un décideur dans la résolution de problèmes non programmés, mal structurés (ou semi structurés).

Une revue des définitions montre aussi qu'il existe un large consensus pour dire que le système doit posséder des facilités interactives afin d'interroger l'utilisateur.

Ces définitions constituent un bref historique des SIAD. L'architecture même de ces systèmes a donné naissance à un domaine nouveau représenté par l'Informatique Décisionnelle. En effet les SIAD incluant une Base de Données ainsi que son SGBD associé, des chercheurs se sont intéressés à cette partie du système tentant de trouver des réponses à la prise de décision dans les données elles mêmes.

4.B Informatique décisionnelle

Une définition de l'Informatique décisionnelle pourrait être : Outil d'aide à la décision, basé sur une base de données fédérant et homogénéisant les informations des différents services d'une organisation. Le datawarehouse correspond à un entrepôt de données. Il peut stocker des téraoctets de données.

Le système d'information décisionnel est un ensemble de données organisées de façon spécifique, facilement accessibles et appropriées à la prise de décision ou encore une représentation intelligente de ces données au travers d'outils spécialisés. La finalité d'un système décisionnel est le pilotage de l'entreprise.

Les systèmes décisionnels sont dédiés au management de l'entreprise pour l'aider au pilotage de l'activité, et indirectement opérationnels car n'offrant que rarement le moyen d'appliquer les décisions. Ils constituent une synthèse d'informations opérationnelles, internes ou externes, choisies pour leur pertinence et leur transversalité fonctionnelle, et sont basés sur des structures particulières de stockages volumineux (datawarehouse, bases On Line Analytical Processing : OLAP). Le principal intérêt d'un système décisionnel est d'offrir au décideur une vision transversale de l'entreprise intégrant toutes ses dimensions.

Le Datawarehouse est actuellement, non seulement une réalité au sein des grandes entreprises, mais aussi un marché pour un nombre croissant d'acteurs : intégrateurs, éditeurs de SGBD ou d'outils spécialisés. Disposer d'une offre dans le domaine décisionnel devient une condition sine qua non pour les acteurs du monde informatique, notamment avec la montée en puissance de l'informatique stratégique, enjeu d'actualité avec la montée en puissance de l'Intelligence Economique. Car, les sociétés les mieux positionnées sur ce marché bénéficient d'une image forte dans le domaine des applications critiques de l'entreprise.

Synthèse des travaux

Au couple infocentre-EIS (Executive Information System) des années 1980 succède une offre décisionnelle qui s'adapte aux nouvelles règles du jeu de l'informatique d'entreprise, et qui en révèle les profondes mutations : système départemental intégré dans l'architecture globale du système d'information, outil d'interrogation aisément pris en main par les utilisateurs.

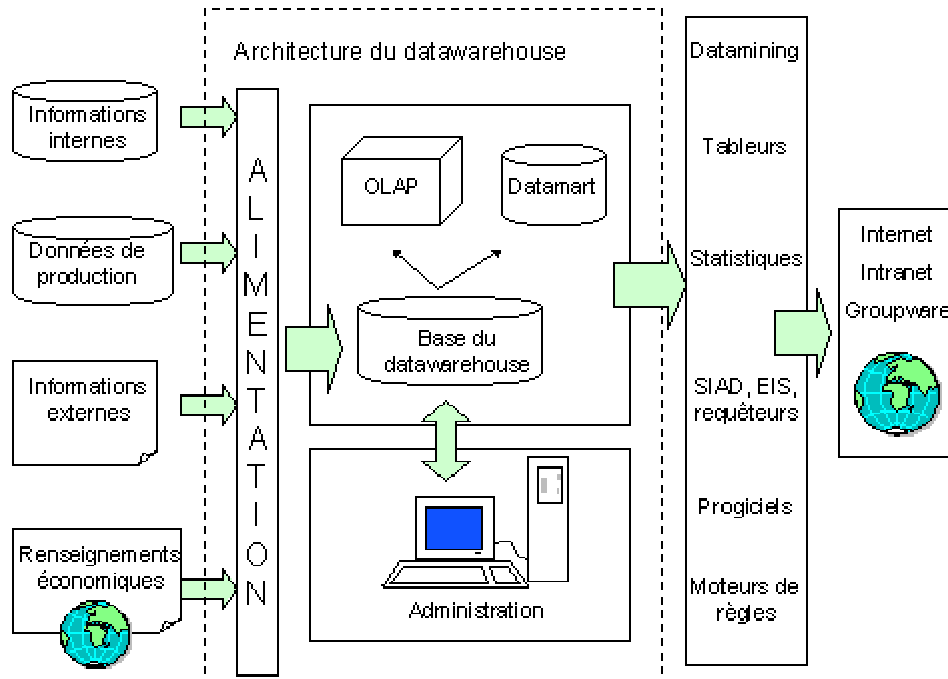


Figure 4: Schéma de principe d'un datawarehouse (source Jean-François Goglin)

Le datawarehouse permet au décideur de travailler dans un environnement informationnel, référencé, homogène et historisé. Cette technique l'affranchit des problèmes liés à l'hétérogénéité des systèmes informatiques et à l'hétérogénéité des différentes définitions de données issues de l'historique de l'organisation. Signalons aussi la montée en puissance du Datamart qui peut se définir comme un petit datawarehouse extrait d'un datawarehouse plus important et spécialisé dans un domaine. L'avantage de la mise en oeuvre d'un tel outil qui reste plus aisée de par sa portée moins large et étendue dans l'organisation. La difficulté reste le coût de développement d'une ontologie ad hoc pour chaque domaine défini.

Synthèse des travaux

Les applications décisionnelles permettent ensuite d'extraire du datawarehouse, une connaissance partielle de l'activité de l'entreprise selon les axes qui préoccupent le décideur à un instant donné.

Actuellement on assiste au développement d'un nouveau concept qui permet de fusionner le datawarehouse et le Web : il s'agit du dataweb.

Le dataweb contient l'idée d'un accès à une base de données universelle quelle que soit la plate-forme d'hébergement, sa localisation ou le format de données. Il n'est pas récent d'affirmer qu'il est essentiel d'avoir accès aux données internes à l'entreprise, mais aussi aux données externes (voir par exemple Blandin et Brown (1977) et Mintzberg (1979)) qui peuvent provenir par exemple de l'Internet. Un des avantages du dataweb est de faciliter l'obtention des informations externes de l'entreprise.

Le concept d'Informatique décisionnelle et/ou datawarehouse aborde l'aide à la décision par une approche données et surtout au niveau stratégique du management de l'entreprise. Nous proposons de considérer l'aide à la décision non pas seulement par une vue orientée données mais aussi en intégrant des modèles. Par ailleurs les SIAD sur lesquels nous travaillons ne sont pas non plus uniquement destinés au pilotage de l'entreprise mais peuvent aussi être utilisés pour des décisions opérationnelles.

Ces systèmes ont, de plus et en parallèle, évolué vers d'autres technologies intégrant une part de la connaissance des décideurs du problème à résoudre.

4.C SIAD Intelligents ou à Base de Connaissances

4.C.1 Etat de l'art

Selon Marakas (2003) les composants d'un SIAD peuvent être généralement classifiés en cinq parties distinctes :

- Un système gestionnaire de base de données ainsi que la base de données associée : qui stocke, organise, trie et remonte les données pertinentes pour un contexte particulier de décision ;
- Un système gestionnaire de base modèles ainsi que la base de modèles associée : qui possède un rôle similaire au système gestionnaire de base de données excepté qu'il organise, trie, stocke les modèles quantitatifs de l'organisation ;
- Le moteur de connaissances : qui remplit les tâches relatives à la reconnaissance de problèmes et à la génération de solutions finales ou intermédiaires aussi bien que des fonctions relatives à la gestion du processus de résolution de problème.
- Une interface utilisateur : qui est un élément clé des fonctionnalités du système global ;
- Un utilisateur : qui fait partie intégrante du processus de résolution de problème.

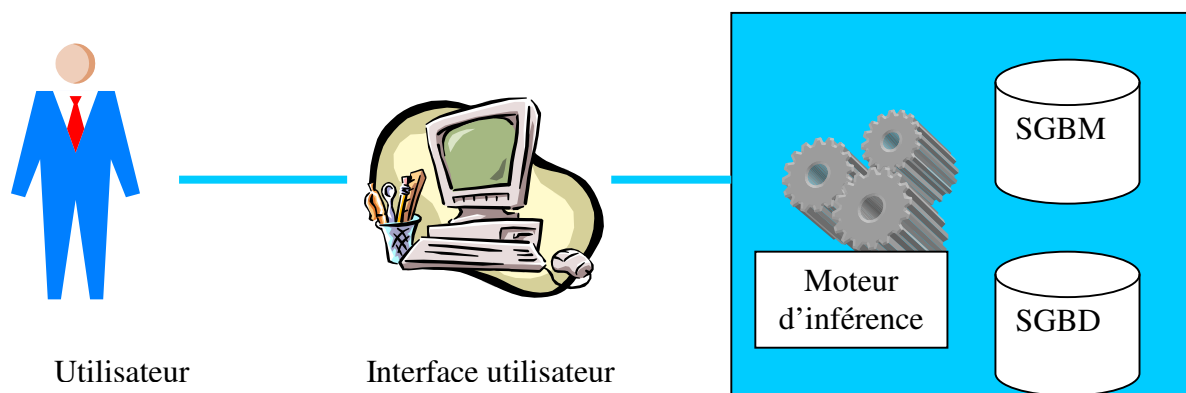


Figure 5: Architecture des SIAD selon Marakas (2003)

Synthèse des travaux

Nous voyons donc apparaître dans l'architecture même de ces systèmes une partie technologique issue de l'Intelligence Artificielle intégrant une modélisation des connaissances dans le problème à résoudre. L'intérêt de cette architecture réside dans l'accent mis sur le raisonnement dans la prise de décision et supporté par des outils de type Systèmes à Base de Connaissances.

Forgionne et al (2002) proposent une architecture conceptuelle pour la prochaine génération de systèmes supportant la prise de décision à l'âge d'Internet. En effet, ils proposent une architecture de SIAD intelligents (IDMSS) capables de supporter toutes les phases du processus de décision d'une manière continue, intégrée et complète (voir figure 5). Le principal attrait de cette définition est de mettre l'accent sur le processus décision. En effet, les auteurs proposent différentes sortes d'aide selon les différentes étapes du processus.

Nous avons défini des SIAD Intelligents ou SIAD à Base de connaissances comme des systèmes reposant sur l'architecture des SIADs proposée par Sprague et Carlson (1982) intégrant un système à base de connaissances soit dans le système gestionnaire de base de données, soit dans le système gestionnaire de base de modèles soit dans l'interface homme/machine (voir Zaraté (1991)). L'intérêt est ici de pouvoir apporter une aide selon le type de raisonnement de la prise de décision : raisonnement orienté données, raisonnement orienté modèles, raisonnement orienté interfaces.

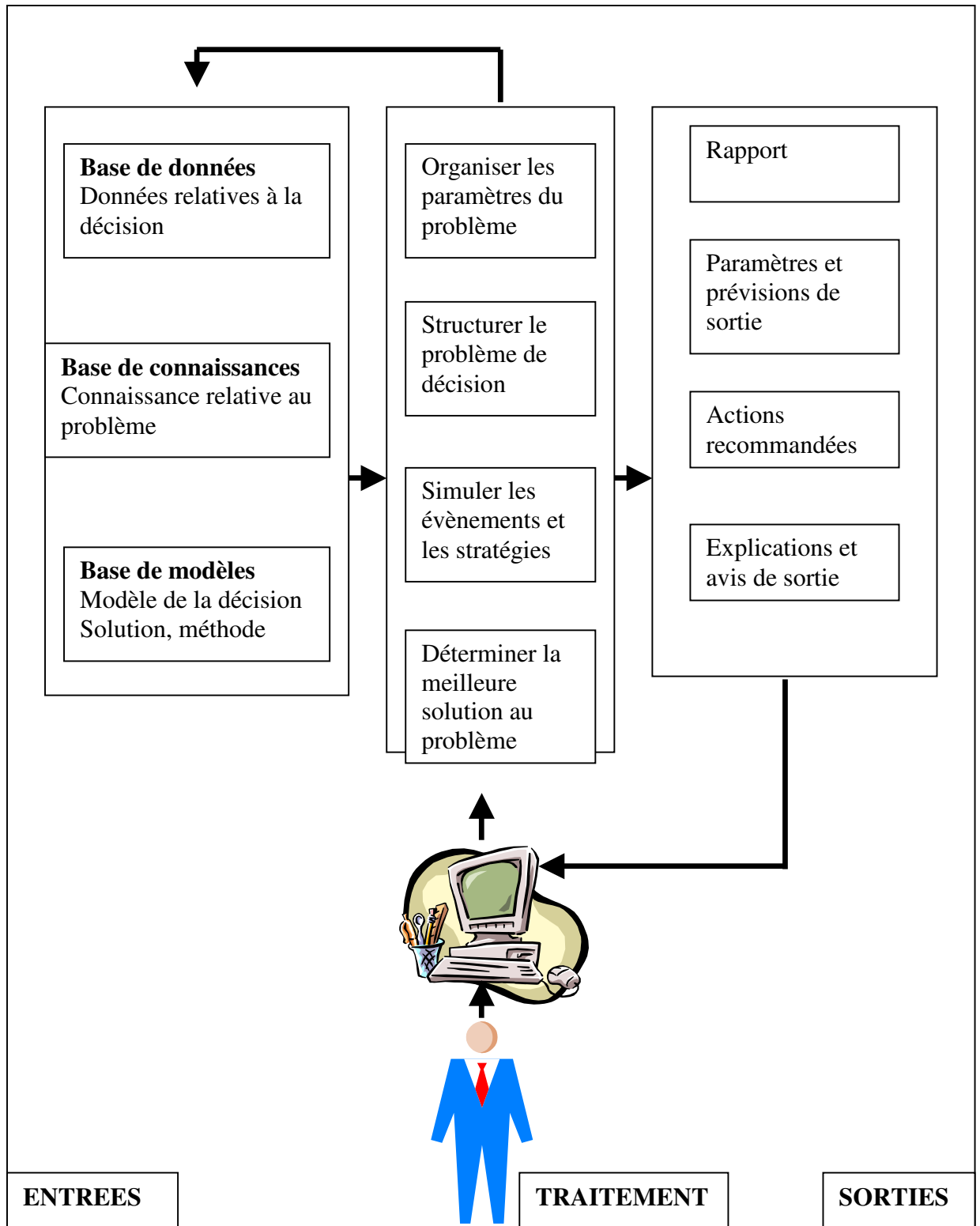


Figure 6 : Architecture conceptuelle de I-DMSS de Forgionne et al (2002)

4.C.2 Contribution

Nous proposons une démarche coopérative pour la conception des SIAD Intelligents ou Systèmes d'Aide à la décision à base de connaissances. Cette démarche consiste à mettre en relation le processus de décision défini par Simon (1977) ainsi que le processus d'acquisition des connaissances. Nous proposons cette démarche coopérative lors de la phase d'acquisition des connaissances. Cette approche consiste en un processus décomposé en quatre étapes :

- définition des acteurs impliqués,
- définition du but général,
- décomposition des tâches et
- affectation des tâches aux différents acteurs.

Cette démarche repose sur une définition de la coopération qui sera présentée dans la section suivante. L'idée directrice des ces travaux est de renforcer la communication ainsi que la coopération entre les différents acteurs impliqués dans la conception des SIAD Intelligents. Il s'agit ici d'une approche orientée méthodologie de conception. Ces travaux ont fait l'objet de publications, notamment dans la conférence HICSS'98 en collaboration avec C. Rosenthal-Sabroux.

Nous nous sommes aussi intéressées à l'utilisation d'outils issus de l'Intelligence Artificielle pour les SIADs. L'idée est de montrer quelles sont les potentialités à combiner les outils et les techniques issus de l'Intelligence Artificielle avec des procédures théoriques plus traditionnelles pour l'aide à la décision. Nous avons édité un numéro spécial du journal European Journal Operational Research (EJOR) en collaboration avec C. Rosenthal-Sabroux (vol 103, n°2, 1997).

Il ressort de des contributions que les SIAD et certains outils issus de l'Intelligence Artificielle sont des outils complémentaires pour la réalisation de systèmes ou de méthodologies supportant la prise de décision et ceci afin de développer des SIAD Intelligents.

4.D Les SIAD de groupe : GDSS

Différents types de travaux ont été entrepris pour améliorer le fonctionnement et la performance des groupes dans la résolution d'un problème de décision. Selon Jabeur et Martel (2005) on peut distinguer trois perspectives de travaux :

- Une perspective structurelle : les travaux développés selon cette perspective s'intéressent essentiellement aux structures et aux règles de fonctionnement des groupes restreints ;
- Une perspective mathématique : les travaux développés selon cette perspective s'intéressent aux problèmes liés à l'agrégation des préférences individuelles en vue d'établir une préférence collective ou de consensus ;
- Une perspective technologiques : les travaux développés selon cette perspective s'intéressent aux apports des TIC pour supporter la prise de décision de groupe.

Appartenant à la perspective technologique, il existe des systèmes d'aide à la décision de groupe : GDSS. Ces systèmes sont issus d'un courant américain. Les chefs de file, De Sanctis G., Gallupe R., Vogel M. et Nunamaker J., du développement de ces systèmes travaillent à l'université de Tucson, Arizona, USA et ont développé un système d'aide à la décision de groupe. Signalons toutefois un courant de pensée européenne, concernant ces systèmes, conduit par Liam Bannon où l'approche est issue du mouvement Computer Supported Collaborative Work (CSCW). Ces systèmes utilisent des infrastructures de communication ainsi que des modèles quantitatifs et heuristiques d'aide à la décision. Ces systèmes étaient initialement installés dans une salle dédiée à

l'utilisation des GDSS. Ce type de salle requiert un arrangement physique des ordinateurs. Les caractéristiques d'un tel type de salle sont les suivantes :

- Chaque participant travaille sur un ordinateur,
- Un facilitateur (leader) coordonne la session d'utilisation du système,
- La salle offre un large écran que tous les utilisateurs peuvent voir,
- Les ordinateurs sont connectés en réseau et utilisent une architecture client.serveur,
- Une session d'utilisation s'organise en général de la manière suivante (selon une technique dite DELPHI) :
 - Brainstorming en ligne (forum de discussion),
 - Organisation des différentes idées grâce au facilitateur et à l'écran principal,
 - Tri des différents items,
 - Votes individuels sur les décisions à prendre puis agrégation des votes par le logiciel,
 - Rapport automatique de session d'utilisation.

Ce système peut être utilisé en mode synchrone, non distribué dans la salle de GDSS dédiée à l'utilisation du système. Ils peuvent aussi être utilisés en mode asynchrone et distribué via Internet (pour plus de détails sur ces systèmes voir aussi De Santis et Gallupe (1987)).

Un autre système, développé par T. Bui, Université d'Hawaii, est appelé le système CooP. Il présente les mêmes fonctionnalités que celles décrites précédemment et il s'agit du système que nous avons utilisé dans notre expérimentation décrite au paragraphe 2.B.

La limite essentielle de ces types d'outils pour la décision coopérative réside dans le manque de dynamique de l'outil. En effet, les tâches et les rôles ne sont pas dynamiquement affectés. L'apport principal de ce type d'outil réside dans l'agrégation des préférences des différents décideurs et surtout dans l'aide au vote ainsi que la possibilité de faire participer chacun des membres du groupe de manière anonyme.

Références contributions

Dargam F., Leopold-Wildburger U., Polasek W., Zaraté P. (Eds.) (2005) : *Actes du « Joint-Workshop on DSS, Experimental Economics and e-Participation »*, Graz, Austria, 5-7 Juin.

Ribeiro R., Rodriguez A. et Zaraté P. (Eds) (2003) : *Decision Support Systems : Current Research*. EJOR, volume 145, Numéro 2, Mars, Elsevier.

Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1998) : A cooperative approach for Intelligent Decision Support Systems ; *Actes de la Conférence Internationale HICSS'31*, Hawaï, USA, 6-9 Janvier.

Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (Eds) (1997) : *AI tools for DSS*. EJOR, volume 103, Numéro 2, Décembre, Elsevier.

Zaraté P. (Ed) (2003) : *DSS from Theory to Practice*. JDS, volume 12, Numéros 3 et 4, Novembre, Hermès-Lavoisier.

Synthèse des travaux

Chapitre 5 : Systèmes Coopératifs

Comme nous venons de le voir les SIAD ont évolué vers l'Informatique décisionnelle, les SIAD intelligents ou à base de connaissances et les GDSS. Par ailleurs il est actuellement nécessaire pour des outils supportant des décisions coopératives d'intégrer une dimension de coopération. En effet, l'éclatement géographique et temporel du processus, implique une coopération entre les divers acteurs.

La coopération peut être située à différents niveaux lors de la réalisation de systèmes coopératifs :

- Coopération homme/machine : est issue de l'interaction Homme / Machine. Il s'agit en quelque sorte d'une interaction Homme / Machine enrichie. Pour les concepteurs de systèmes, le problème consiste à doter la machine de capacités supplémentaires afin de guider l'utilisateur dans son processus de résolution de problèmes. L'idée se résume ici à concevoir des interfaces adaptatives intelligentes.
- Système supportant des tâches coopératives : le problème consiste ici à développer des systèmes capables de supporter des tâches collectives impliquant une coopération entre différents acteurs.
- Système coopératif : Le système en lui-même possède des fonctionnalités capables de supporter la coopération.

Nous recensons différentes sortes des systèmes coopératifs issus de différents courants de recherche :

- Groupware,
- Les outils de Workflow,
- Systèmes Multi Agents,
- Systèmes à base de connaissance Coopératifs.

Signalons toutefois qu'il existe différentes sortes de systèmes coopératifs selon leur fonctionnalité propre. Citons par exemple sur les Systèmes d'Aide à la Négociation qui peuvent utiliser différentes sortes de technologies : les Systèmes Multi-Agents, les Systèmes à base de Connaissance Coopératifs (voir plus de détails sur les Negotiation Support Systems : NSS voir Cellary W. et Kersten G. (2004)).

5.A Groupware

Les systèmes coopératifs renvoient généralement au concept de groupware mais pas uniquement. Ces travaux sont issus du courant de recherche *Computer Supported Collaborative Work (CSCW)*. La notion de « groupware » en français collectif est apparue durant les années 80.

Une définition de cette notion : Le groupware désigne l'ensemble des technologies et méthodes de travail associées qui, par l'intermédiaire de la communication électronique, permettent le partage de l'information sur un support numérique à un groupe engagé dans un travail collaboratif et/ou coopératif.

D'un point de vue technologique le groupware se situe aux frontières de l'informatique et des télécommunications. En effet des technologies issues de l'informatique ainsi que de la télécommunication sont utilisées.

D'un point de vue système d'information le groupware se situe aux frontières de la bureautique et de l'informatique transactionnelle. En effet, d'un point de vue utilisateur les outils de groupware font partie de la gamme des outils de bureautique et utilisent des infocentres.

Synthèse des travaux

Le groupware accompagne l'évolution de l'organisation des entreprises.

Le groupware répond à la demande de qualité des services rendus par l'entreprise (rapidité, efficacité, ...). Le groupware permet un travail collectif au sein de groupes plus ou moins larges, distribués géographiquement et organisationnellement.

Ainsi le terme *GroupWare* renvoie à des applications diverses et variées concourant à un même but : permettre à des utilisateurs géographiquement éloignés de travailler en équipe. Le travail en équipe peut se concrétiser par le partage d'information ou bien la création et l'échange de données informatisées.

Il s'agit pour la plupart du temps d'outils de messagerie (instantanée ou non), ainsi que d'applications diverses telles que :

- agenda partagé,
- espace de documents partagés plus ou moins organisés,
- outils d'échange d'information (forums électroniques),
- outil de gestion de contacts,
- outils de workflow,
- conférence électronique (vidéoconférence, chat,...).

Les principales fonctionnalités des outils de groupware résident dans :

- La communication interpersonnelle grâce à la messagerie électronique, aux forums de discussion,
- La coordination (temps, espace, tâches) grâce aux agendas électroniques partagés, ainsi que la gestion de projet,
- La collaboration grâce aux réunions électroniques, visioconférences, ainsi que l'édition conjointe de documents,
- La mémoire du groupe ainsi que l'accès à l'information grâce aux SGBD de documents,
- L'automatisation des processus administratifs grâce aux outils de workflow.
- Systèmes d'Information Coopératifs.

Ce type d'outil est essentiel pour supporter un travail coopératif mais peu adapté à la prise de décision. En effet l'essentiel de l'aide apportée par un SIAD réside dans l'interaction entre l'homme et la machine. L'utilisateur (décideur) va trouver seul sa solution satisfaisante en faisant des essais sur la machine afin de voir les résultats.

Les outils issus du courant CSCW sont très adaptés au travail de groupe mais ils leur manque cette composante d'essais/erreurs essentielle à l'aide à la décision. Certains auteurs intègrent les GDSS dans le courant des CSCW. Par ailleurs afin de pouvoir supporter une prise de décision coopérative, il est essentiel de pouvoir supporter les décideurs dans la répartition des tâches et de rôles et ce de manière dynamique. Nous définissons cet aspect de l'aide par de la planification interactive (voir paragraphe 6.B.2). Cette composante du support apporté par les outils d'aide à la décision est absente du CSCW.

5.B Workflow

Il existe une grande variété de définitions pour le workflow. Nous n'en citerons que deux, une définissant ce que sont les logiciels de WorkFlow, et l'autre définissant ce que sont les procédures, pièces centrales du WorkFlow :

- Logiciels de WorkFlow : "Ensemble de logiciels proactifs qui permettent de gérer les procédures de travail, de coordonner les charges et les ressources et de superviser le déroulement des tâches"
- Procédures : "Tout ensemble de tâches exécutées en parallèle ou en série par au moins deux membres d'un groupe pour atteindre un but commun".

Cependant dans le domaine du Workflow, il existe un certain nombre de concepts clés à définir.

Types de workflow

Dans les applications de WorkFlow, on distingue classiquement quatre catégories :

- **le workflow de production**, qui correspond à la gestion des processus de base de l'entreprise. Les procédures supportent peu de changements dans le temps, et les transactions sont répétitives. On peut y trouver par exemple la production de contrats d'assurance, la gestion de litiges, la gestion de réclamations clients, etc.
- **le workflow administratif**, qui correspond à tout ce qui est routage de formulaires, basé en général sur une infrastructure de messagerie.
- **le workflow ad-hoc** pour la gestion des procédures non déterminées, ou mouvantes.
- **le workflow coopératif**, gérant des procédures évoluant assez fréquemment, et liées à un groupe de travail restreint dans l'entreprise.

Types d'invocation

Dans un système de workflow, il existe traditionnellement deux façons d'accéder à l'information :

- **Soit en allant la chercher dans une file d'attente partagée**

Il s'agit d'une invocation de type base de données, une file d'attente étant gérée comme une table à laquelle accèdent les différents acteurs d'une procédure. L'avantage de cette méthode d'invocation est la possibilité de faire partager un ensemble de tâches par un groupe d'utilisateurs.

En effet, lorsqu'une tâche est affectée à un profil donné, on ne va pas forcément l'affecter à une personne donnée. On mettra l'ensemble des tâches à disposition de toutes les personnes correspondant au profil, et on aura ainsi une régulation de la charge qui pourra se faire au mieux. La contrepartie est qu'il faut aller chercher la liste des tâches pour l'obtenir, en utilisant une infrastructure propre à l'outil de workflow. Il faut mettre en place également des stratégies de rafraîchissement de la liste des tâches, car on ne peut être en permanence en train de scruter la file d'attente.

- **Soit en la recevant dans sa boîte de réception personnelle.**

Il s'agit d'une invocation de type messagerie, puisque le meilleur moyen d'envoyer une tâche à exécuter à une personne est de la lui notifier à travers sa messagerie, et donc à travers sa boîte de réception. On utilise ici une infrastructure existante, et un mode de communication standard par rapport aux habitudes d'un utilisateur. Les logiciels de Workflow fonctionnant sur ce principe sont donc plus légers, et l'utilisateur final à l'impression de traiter ses tâches tout comme il traite son courrier électronique. Il ne va pas chercher spécifiquement les tâches qu'il a à effectuer, puisqu'elles arrivent directement via sa messagerie sur son poste de travail.

Classiquement la plupart des logiciels de workflow se répartiront ainsi entre les deux catégories. En terme de performances, les produits s'appuyant sur l'infrastructure de messagerie sont beaucoup plus légers, donc plus faciles à mettre en œuvre, et générant en particulier des charges réseau moins importantes, puisqu'ils s'intègrent dans une infrastructure existante. Certains n'utilisent même pas du tout de base de données, et se contentent de fournir des pilotes leur permettant de se connecter aux bases existantes dans l'entreprise.

La nature des tâches

On trouve essentiellement trois types de tâches dans un système de Workflow. Certains systèmes n'en supporteront qu'un, d'autres en supporteront d'emblée deux ou trois. Les types de tâches sont les suivantes :

- les tâches qui sont en fait des **formulaires de données**, généralement définis à partir du logiciel de workflow lui-même, à compléter au fur et à mesure de l'avancement de la procédure. Ce sont les tâches que l'on trouve dans les workflow administratifs.

- les tâches qui sont des **services du système d'informations**, tels que la saisie de transactions gros systèmes, ou l'appel à un exécutable spécifique, etc... Le workflow de production est entièrement basé sur ce genre de tâches, puisque son travail consiste à coordonner l'ensemble des actions possibles au sein du système d'information.
- les tâches qui correspondent à un **routage de fichiers bureautiques**. On retrouve ces tâches essentiellement dans les workflow administratifs ou dans les workflow ad-hoc, comme peuvent le proposer les différents traitements de texte du marché en se servant des messageries comme infrastructure.

Les différentes phases d'un workflow

La dernière notion générique à aborder est la liste des différentes phases par lesquelles doit passer un projet de WorkFlow. Elles sont au nombre de trois :

- **La phase d'analyse.** C'est la phase de modélisation des procédures, sous la responsabilité des organisateurs de l'entreprise. Rares sont les logiciels de WorkFlow qui intègrent cette dimension. Elle est issue plutôt des méthodes de BPR (Business Process Reengineering), dont l'objectif est de remettre à plat tous les processus de l'entreprise pour en rebâtir de nouveaux, plus efficaces et mieux adaptés à la compétitivité ambiante. A ces phases de BPR sont toujours associés les outils informatiques. C'est dans ce cadre que ce sont essentiellement développés les outils de workflow, puisque parfaitement optimisés pour le traitement automatisé des procédures de l'entreprise.
- **La phase de construction.** Elle consiste, à partir des modélisations de processus issus de la phase précédente, à formaliser les procédures résultantes au sein d'un outil informatique, et à définir l'ensemble des conditions nécessaires à son bon fonctionnement, et à son intégration dans l'informatique existante. Tous les produits de WorkFlow possèdent un module gérant cette phase, mais de manière plus ou moins évoluée. Les

produits complets doivent offrir un mode de représentation graphique des procédures.

- **La phase d'exécution.** C'est la phase pendant laquelle les procédures sont exécutées et les tâches traitées, C'est également pendant cette phase que les statistiques, fondamentales pour le suivi de tout processus, sont générées. Des outils d'administration doivent également exister afin de pouvoir intervenir à tout moment sur les procédures elles-mêmes en cas de problème. Bien entendu tous les produits de WorkFlow intègrent ce module. (Pour plus de détails sur ces outils voir Ellis et Kim(1999)).

Il paraît évident que ce type d'outil n'est pas du tout adapté à la prise de décision dans la mesure où une automatisation de la prise de décision n'est pas du tout envisageable dans une approche d'aide à la décision. De plus nous insistons ici aussi sur le support que doit apporter le système en matière de planification interactive au niveau de la répartition des rôles et des tâches, ce qui n'est pas du tout envisageable pour les outils de type workflow.

5.C Systèmes Multi Agents

Pour Weiss (1999), un **agent** est une "entité computationnelle", comme un programme informatique ou un robot, qui peut être vue comme percevant et agissant de façon autonome sur son environnement. On peut parler d'autonomie parce que son comportement dépend au moins partiellement de son expérience. Un système multi agents (Sma) est constitué d'un ensemble de processus informatiques se déroulant en même temps, donc de plusieurs agents vivant au même moment, partageant des ressources communes et communiquant entre eux. Le point clé des systèmes multi agents réside dans la formalisation de la **coordination** entre les agents. La recherche sur les agents est ainsi une recherche sur :

- **la décision** -quels sont les mécanismes de la décision de l'agent? Quelle est la relation entre les perceptions, les représentations et les actions des agents ? Comment décomposent-ils leurs buts et tâches ? Comment construisent-ils leurs représentations ?
- **le contrôle** - quelles sont les relations entre les agents? Comment sont-ils coordonnés ? Cette coordination peut être décrite comme une coopération pour accomplir une tâche commune ou comme une négociation entre des agents ayant des intérêts différents.
- **la communication** - quels types de message s'envoient-ils? A quelle syntaxe obéissent ces messages? Différents protocoles sont proposés en fonction du type de coordination entre les agents.

Les systèmes multi agents ont des applications dans le domaine de l'intelligence artificielle où ils permettent de réduire la complexité de la résolution d'un problème en divisant le savoir nécessaire en sous-ensembles, en associant un agent intelligent indépendant à chacun de ces sous-ensembles et en coordonnant l'activité de ces agents (Ferber, 1995). On parle ainsi d'intelligence artificielle distribuée.

Bouron (1993) retient que les éléments essentiels pour définir la coopération dans un système multi agents sont : les tâches et la portée de ces tâches, les ressources, la communication, l'organisation, l'attitude, le but commun, le comportement de l'agent, l'engagement de l'agent, le partage des ressources, l'efficacité et la productivité.

Gleizes (2004) définissent la coopération de manière intrinsèque à chaque agent. La coopération est la condition et le mécanisme de contrôle de l'émergence d'une fonction globale d'un système multi agents.

La reconfiguration interne du système consiste, pour chaque agent, à réagir aux situations non coopératives (recensées à priori et dont on détermine les conséquences en terme de comportement de l'agent). Ils définissent une théorie des AMAS (Adaptive Multi Agents Systems), qui affirme que pour tout système

fonctionnellement adéquat (réalisant la fonction souhaitée), il existe au moins un système dont les agents sont en interactions coopératives. Cela signifie que pour concevoir un système réalisant la fonction attendue, il suffit que les agents le composant aient pour attitude sociale, la coopération. Pour cela, à tout instant, un agent analyse localement s'il est ou non en interaction coopérative avec les autres. Si ce n'est pas le cas, on dit qu'il se trouve en situation non coopérative (SNC). Ceci est en opposition avec son attitude sociale et il va agir pour éliminer la SNC et revenir à un état qu'il juge coopératif. Aucun agent n'est conscient de la fonction à réaliser au niveau global, cette dernière "émerge" des interactions entre agents. La réorganisation des agents (décidée localement aux agents) est nommée auto organisation par coopération.

Ce type d'outil nous paraît intéressant à utiliser en matière de décision coopérative. En effet, il dispose des caractéristiques nécessaires afin de pouvoir supporter dynamiquement la répartition des rôles et de tâches entre les agents, c'est à dire pour ce que nous avons appelé de la planification interactive. Néanmoins il est utile de souligner une limite de ces outils en matière de décision coopérative.

En situation réelle, il nous paraît peu probable qu'un agent humain non coopératif s'exclut du processus de décision ce qui reste une hypothèse de base dans la définition des Systèmes Multi-Agents Coopératifs.

5.D Systèmes d'Information Coopératifs

Nous pouvons affirmer que les Systèmes d'Information prennent de nos jours une place centrale dans les organisations. En effet, on peut considérer deux types de populations dans les organisations pour les années à venir. Dans le premier cas, les populations nomades de l'entreprise doivent bénéficier du même niveau d'information que le collaborateur travaillant sur son poste fixe,

pourvu que techniquement, la chose soit permise par l'exploitation des technologies sans fil, et sécurisée par un système de contrôle d'accès.

Dans le second cas, il s'agit non seulement de permettre des échanges, mais aussi de les inclure dans des ensembles plus vastes, cohérents et correspondant à la spécificité opérationnelle de l'entreprise - les fameux processus métier incluant non seulement la population sédentaire de l'entreprise mais aussi les clients, les fournisseurs et tous les acteurs étant partie prenante de ce processus. Il s'agit donc pour les architectes de Systèmes d'Information de concevoir des systèmes offrant les mêmes fonctionnalités que les systèmes d'information classiques mais devant par ailleurs supporter le travail collaboratif et coopératif au sens large. Le développement des tels systèmes, **Systèmes d'Information Coopératifs**, fait appel à plusieurs types de connaissances aussi bien informatiques qu'organisationnelles :

- Entreprise Etendue
- Conception centrée sur l'utilisateur (User Centred Design)
- Interfaces Adaptatives Intelligentes
- Collecticiel
- Outils d'Aide à la Décision de Groupe.

Entreprise Etendue (Extended Enterprise)

D'un point de vue technologique, "l'Entreprise étendue" désigne l'adaptation du système d'information à deux types d'échelle:

- au sein de l'entreprise, la multiplicité des canaux d'accès aux applications et aux données

- au delà de l'entreprise, le réseau des clients, fournisseurs, partenaires (et bien sûr, filiales éventuellement hétérogènes - suite, par exemple, à une fusion acquisition) qui interviennent dans les processus organisationnels.

D'un point de vue fonctionnel, l'Entreprise étendue se traduit par une plus grande collaboration et une meilleure gestion des connaissances. Elle permet également de répondre aux problématiques de gestion de cycle produit, en

agrégeant de manière satisfaisante les données de conception, de gestion financière et logistique, les données relatives aux fournisseurs et aux clients. Egalement, l'Entreprise étendue vise à réduire les cycles d'approvisionnement - places de marché privées par exemple - et de décision.

Conception centrée sur l'utilisateur (User Centred Design)

La conception de tels systèmes, Systèmes d'Information Coopératifs, suppose une prise en compte accrue de l'utilisateur. Afin d'assurer une meilleure prise en compte des besoins d'utilisation, les méthodologies et technologies utilisées doivent placer les utilisateurs au cœur du processus de conception soit par des méthodes de conception telles que UML par exemple soit par une validation importante de tels systèmes par des groupes d'acteurs divers.

Collecticiel

Il paraît évident que les systèmes développés devront supporter le travail collaboratif et / ou coopératif. Les membres du groupe peuvent collaborer à distance, soit au même moment (activité synchrone), soit à des moments différents (activité asynchrone). L'objectif principal de tels outils étant de favoriser la production, dans le contexte du travail collaboratif à distance et de l'usage d'un environnement virtuel partagé par un groupe d'utilisateurs, le concept d'awareness prend une place importante. Ce terme désigne en fait la perception que possède chacun de la présence, de la localisation, de l'identité, de la disponibilité de l'autre à un moment donné, lors de la connexion

Outils d'Aide à la Décision de Groupe

Un des aspects stratégiques des systèmes d'information dans l'entreprise est de pouvoir supporter la prise de décision au travers des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision. L'élargissement des organisations à leurs partenaires, contribue, entre autres phénomènes, à une évolution de la prise de décision. Les décideurs participent à un processus global de prise de décision sans en avoir forcément la maîtrise complète. On assiste alors à une plus grande autonomie

de ces acteurs particuliers de l'entreprise en même temps que leurs responsabilités se trouvent de plus en plus diffuses et de plus en plus entrecroisées. Les systèmes d'aide à la décision de groupe (Group Decision Support Systems ; pour plus de détails sur ces systèmes voir paragraphe 4.D) doivent alors intégrer des contraintes d'utilisation telles qu'il peut ne pas exister ni unité de lieu ni unité de temps entre tous les décideurs inclus dans un processus. On se place alors dans un contexte de prise de décision asynchrone et distribuée.

Interfaces Adaptatives Intelligentes

Par ailleurs par systèmes d'information coopératifs nous entendons systèmes coopératifs au sens large, c'est à dire des systèmes devant assurer une bonne coopération entre l'homme et la machine. Nous nous intéressons particulièrement à toutes méthodologies ou technologies pouvant améliorer les performances du couple homme machine.

Notre contribution sur ce thème s'est traduite par l'édition d'un numéro spécial de la revue RSTI série ISI, volume 8 n°2/2003, en collaboration avec Jean Luc Soubie. Il ressort de l'édition de ce numéro spécial que deux contributions proposent deux approches différentes pour supporter une activité coopérative, trois articles décrivent des prototypes logiciels dotés de fonctionnalités spécifiques pour supporter une activité coopérative et enfin deux font des propositions pour tenter de résoudre des problèmes particuliers liés à une activité coopérative. Nous notons que deux niveaux de coopération étaient représentés : les deux premières contributions proposent des systèmes ou approches permettant de supporter une activité coopérative, les trois suivantes présentent des systèmes possédant des fonctionnalités capables de supporter la coopération et les deux derniers traitent de cas particulier de l'activité coopérative. Nous pouvons remarquer que le premier niveau de coopération : la coopération homme/machine n'est pas ici représentée.

Les systèmes d'aide à la décision font partie intégrante du système d'information de l'entreprise, et en situation asynchrone et distribuée du système d'information coopératif. Bien que retrouvant des problématiques communes aux Systèmes d'Information et aux Systèmes d'Aide à la Décision, on ne peut pas confondre les recherches des deux courants. Les Systèmes Coopératifs d'Aide à la décision définis au chapitre 6 ont une fonction très précise celle de supporter les décideurs, incluant les fonctions de communication, de stockage des données et de traitement des informations propres aux Systèmes d'Information mais cela ne suffit pas. Les SIAD doivent proposer des solutions aux décideurs, revenir sur des solutions existantes afin de garantir cette notion d'essai/erreur qui leur est propre. Par ailleurs nous insistons ici aussi sur le fait qu'en matière de décision coopérative le système doit pouvoir toujours supporter dynamiquement les décideurs en planifiant de manière interactive les rôles et les tâches entre les divers décideurs. Cette fonction de planification interactive n'est pas représentée dans les Systèmes d'Information Coopératifs.

5.E Systèmes à base de connaissance Coopératifs

Comme montré dans la section 4.C les SIAD ont évolué afin de pouvoir intégrer le raisonnement du décideur. Nous avons alors assisté au développement des SIAD Intelligents ou à Base de Connaissances. Les Systèmes à Base de Connaissances ont aussi de leur côté évolué et nous avons pu voir apparaître dans la littérature les Systèmes à base de Connaissance Coopératifs.

Soubie (1996) propose une architecture élémentaire d'un système à base de connaissances coopératif. Cette architecture élémentaire fait apparaître un découpage physique et logique en trois entités : la partie application, la partie contrôle de la coopération et enfin la partie interface homme/machine.

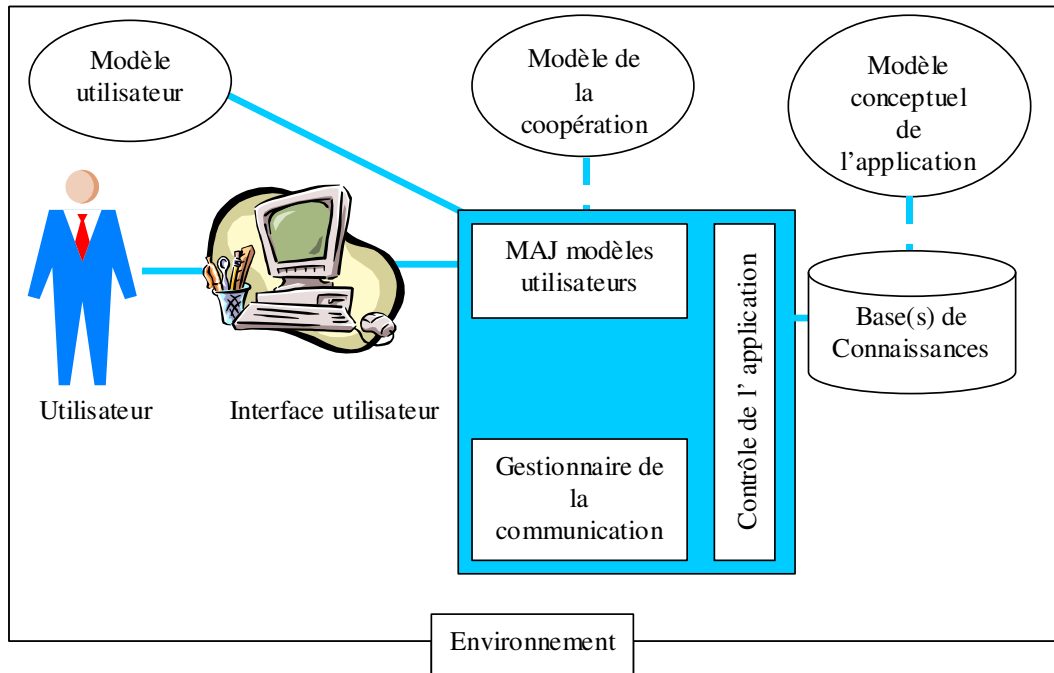


Figure 7: Architecture élémentaire d'un système à base de connaissance coopératif selon Soubie (1996)

Pour Soubie la base de connaissances, associée au moteur d'inférences, doit être adaptée à son mode de représentation des connaissances et constitue l'agent artificiel dans la résolution coopérative de problèmes. Sa structure est identique à celle du modèle conceptuel, de la tâche à réaliser en coopération.

L'interface, en tant qu'outil de communication, constitue un moyen de signifier, au delà de la simple transmission de données, des états intentionnels et attentionnels au travers des actes de communication qu'il permet de réaliser.

Le module gestionnaire de la coopération est composé de plusieurs éléments, représentatifs des fonctions diverses que celui-ci doit réaliser au cours et entre les sessions de résolution coopérative de problèmes. La fonction essentielle est le contrôle de l'application mais les deux autres modules sont importants pour assurer un bon fonctionnement du système lors de situations coopératives.

Le contrôleur de l'application réalise deux fonctions : la mise en œuvre de la stratégie de coopération ainsi que l'affectation de sous problèmes à la base de connaissances.

Synthèse des travaux

Le gestionnaire de la communication assure la partie intelligente de la communication qui vise à fournir au système grâce aux actes de communication produits par l'utilisateur, des éléments sur les intentions de l'utilisateur et sur la planification de la résolution du problème.

Le module de mise à jour des modèles utilisateurs est utilisé pour maintenir la pertinence du système en tant qu'agent coopératif.

Notons dans cette architecture un fait important d'un point de vue Génie Logiciel, l'environnement fait partie intégrante du système à concevoir. Cet environnement peut être assimilé dans notre approche au contexte dans lequel évolue le décideur. Cette prise en compte dans la conception de l'architecture se traduira plus par une approche méthodologique de conception que par un module logiciel à part entière.

Cette architecture est à mettre en relation avec l'architecture des SIAD Intelligents proposée par Marakas (2003). En effet, nous pouvons observer une certaine similarité. Nous retrouvons dans les deux architectures l'utilisateur faisant partie intégrante du système ou plus précisément du processus de résolution de problème ainsi que l'interface homme/machine et le système gestionnaire de la communication dans les deux cas.

Par ailleurs, la base de données et le système gestionnaire de base de données chez Marakas constituent la base de connaissances ainsi que le contrôle de l'application chez Soubie. De plus la base de modèles chez Marakas se retrouve sous la forme de trois types de modèles plus précis les modèles de l'utilisateur, le modèle de coopération et les modèles conceptuels de l'application chez Soubie.

Par ailleurs le système gestionnaire de modèles chez Marakas se retrouve chez Soubie sous la forme d'un module de mise à jour des modèles utilisateurs. Le moteur de connaissance chez Marakas est absent du schéma proposé par Soubie mais il décrit son architecture en intégrant un moteur d'inférence nécessaire à tout système à base de connaissances. On remarque cependant un élément supplémentaire chez Soubie le gestionnaire la coopération constitué du

contrôleur de l'application ainsi que du gestionnaire de la communication. Le découpage des modules n'est donc pas organisé de la même manière dans les deux architectures mais les éléments essentiels se retrouvent chez les deux auteurs.

Ce rapprochement entre les deux types d'architecture a fait l'objet de travaux en collaboration avec J.L. Soubie dans lesquels nous montrons que ces systèmes à base de connaissance coopératifs sont utilisables pour l'activité particulière que représente l'aide à la décision. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Group Decision and Negotiation* (GDN2005).

Ces systèmes à base de connaissance coopératifs représentent pour le développement des SIAD Coopératifs un point d'encrage essentiel.

En effet, ils disposent de toutes les caractéristiques nécessaires afin de supporter les décideurs en situation asynchrone et distribué. L'apport essentiel des Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision définis au chapitre 6 réside dans la planification interactive de la coopération. Cette planification interactive est issue des Systèmes à Base de Connaissances Coopératifs qui ont servi de base à la définition des Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision

Références contributions

Soubie J.L., Zaraté P. (2005) : Use of Cooperative Systems for Distributed Decision Making. *Group Decision and Negotiation Journal*, Springer Verlag, volume 14, Numéro 2, pp 147-158, Mars.

Soubie J.L., Zaraté P. (Eds) (2003) : *Systèmes d'Information Coopératifs*. RTSI-ISI, Lavoisier, volume 8, Numéro 2.

Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Use of Cooperative Systems for Distributed Decision Making. Dans Bui T., Sroka H., Stanek S. et Gotuchowski J. (Eds) *DSS in the Uncertainty of the Internet Age*, ISBN 83-7246-298-4, pp 179-390.

Synthèse des travaux

Chapitre 6 : Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision : SCAD

Dans ce chapitre nous définissons une architecture d'outils ou plutôt une plateforme d'outils capables de supporter la décision coopérative. Cette plateforme est composée de quatre outils de base pour lesquels nous avons contribué au cours des 10 dernières années :

1. Outil de communications interpersonnelles,
2. Outil de gestion des tâches,
3. Outil de capitalisation des connaissances,
4. Outil d'Interaction Homme / Machine.

6.A *Etat de l'art*

De nombreux auteurs ont montré que la plupart des situations de prise de décision auxquelles les managers doivent faire face se déroulent dans des environnements dynamiques, rapidement changeant, distribués et souvent non prédictibles. De nouveaux systèmes sont alors définis : les Systèmes d'Aide à la décision Distribués. Shim et al (2002) proposent de mettre à jour l'agenda proposé par Keen et intitulé la prochaine décennie des SIADs et de l'étendre de 1997 à 2007. Les décideurs sont très différents en 2007 de ce qu'ils étaient en 1980. Les niveaux de technologie proposée s'améliorent de jour en jour. La nouvelle génération des utilisateurs de SIADs qui sont technologiquement avancés attend de plus en plus de fonctionnalités pour ces systèmes. Les technologies du futur pour les SIADs vont être supportées par des outils mobiles, les e-services mobiles et les protocoles sans fils tels que Wireless Applications Protocol (WAP), Wireless Markup Language (WML) ainsi que l'iMode, amenant ainsi à une ubiquité pour l'accès aux informations et aux outils d'aide à la décision. De meilleures fonctions de collaboration permettront de faciliter des processus de décision plus interactifs.

Il paraît évident que la notion d'outil de workflow, supportant des tâches bien structurées, est difficilement utilisable entièrement pour l'aide à la décision dans la mesure où les systèmes d'aide à la décision adressent des tâches ou des décisions mal structurées.

Il en va de même pour les systèmes multi agents qui ont pour objectif d'automatiser des tâches globales ce qui n'est pas envisageable pour les systèmes d'aide à la décision pour lesquels la recherche d'une solution satisfaisante repose sur l'interaction homme/machine.

Par ailleurs, les SCADs s'insèrent entièrement dans la notion de Systèmes d'Information Coopératifs définie au paragraphe 5.D et utilisent la notion de Systèmes à Base de Connaissance Coopératifs comme nous le verrons par la suite. Ces SCADs s'inscrivent dans le cadre de développements effectués dans le courant des CSCW.

Gachet (2002) définit une nouvelle vision pour les SIAD distribués. En effet il propose la définition suivante : un SIAD distribué est une collection de services et de dispositifs qui sont organisés dans un réseau dynamique, non prédictible, peu stable de matériels et d'entités logicielles travaillant coopérativement pour un but commun d'aide à la décision. Cette définition repose sur les six assertions suivantes :

1. un SIAD distribué n'est pas orienté données (cf. Informatique Décisionnelle),
2. dans un SIAD distribué, deux unités de données qui ne sont pas sémantiquement reliées peuvent toujours être stockées dans des dispositifs de stockage différents,
3. un SIAD distribué doit se servir des avantages de l'architecture globale et distribuée d'Internet,
4. un SIAD distribué doit pouvoir survivre sur un réseau peu fiable,
5. un SIAD distribué doit favoriser la mobilité et finalement

6. un SIAD distribué ne doit pas remplacer les rencontres réelles (face to face) mais il doit les promouvoir ainsi que les favoriser.

Cette définition très générique offre l'avantage de répondre à une demande d'évolution des systèmes d'aide à la décision dans un contexte en pleine évolution que nous avons décrit précédemment. Nous adhérons totalement à cette définition mais cependant on peut regretter le manque de propositions concrètes c'est à dire d'un point de vue architecture logicielle. Par ailleurs il nous paraît essentiel pour l'architecture du système qu'elle puisse refléter le réseau social mis en jeu par la décision : les acteurs, les relations entre eux.

6.B Une proposition d'architecture

Nous proposons un atelier d'aide à la décision coopératif appelé Système Coopératif d'Aide à la Décision (SCAD). Cet atelier est constitué de divers composants :

1. un outil de communications interpersonnelles,
2. un outil de gestion des tâches,
3. un outil de capitalisation des connaissances,
4. un outil d'Interaction Homme Machine dynamique.

Cet atelier logiciel est basé sur les constats précédemment exposés et peut être utilisé dans des situations de prise de décision de type asynchrone et distribué. Il est décrit dans la figure 8.

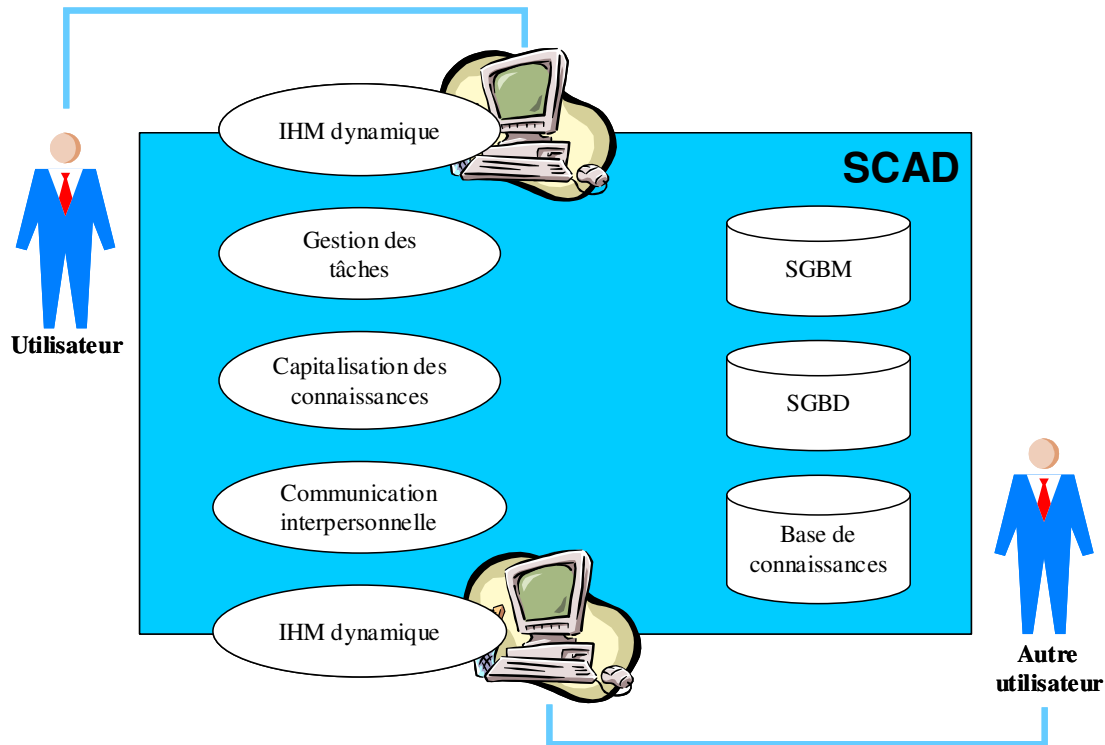


Figure 8 : Architecture des SCAD

Si l'on analyse une quelconque activité collective selon deux critères : le temps et l'espace, on obtient quatre type de situations :

- même endroit en même temps,
- même endroit à des moments différents,
- différents endroits en même temps,
- différents endroits à des moments différents.

Nous avons proposé de classier les types de supports selon ces quatre situations pour l'activité particulière d'aide à la décision collective.

	Même moment	Différents moments
Même endroit	GDSS	
Différents endroits	GDSS Vidéoconférence Electronic Meeting System Conférences téléphoniques	SCAD

Figure 9 : Tableau des différentes aides à la décision collective en fonction des différents types de situations

Comme démontré dans le paragraphe 2.B la situation « même endroit à des moments différents » n'est pas représentative de la majorité des situations managériales. C'est la raison pour laquelle nous ne proposons aucun type d'aide pour cette situation. Cette contribution a fait l'objet de publications en collaboration avec Jean Luc Soubie et notamment dans la revue *Journal of Decision System*, volume 13, numéro 2, 2004.

Par ailleurs comme démontré dans le paragraphe 2.B, la rencontre réelle entre les différents décideurs reste importante, nous montrons donc aussi dans cette publication que pour des situations asynchrones et distribuées, le processus de décision doit être géré comme un projet avec des rencontres réelles entre les différents décideurs et des dates de retour pour des sous tâches.

6.B.1 Outil de communications interpersonnelles

Dans des processus décisionnels décrits dans le paragraphe 1.B, il paraît évident d'offrir aux décideurs un outil de communication. Comme dans la proposition de Gachet, il est important de considérer que les SCAD doivent être supportés par une infrastructure de type Internet. Il paraît donc facile de mettre en oeuvre un outil de communication quelconque : messagerie, forums de discussions, etc. ; l'essentiel étant de pouvoir garantir une communication entre les différents acteurs impliqués dans le processus de prise décision.

Ce type d'outil prend tout son sens dans une coopération de type négociée comme décrit dans le paragraphe 3.B.3. En effet, dans un processus de négociation, il est difficilement envisageable de découper le processus en sous tâches complémentaires et l'élément principal reste l'argumentation donc la communication inter personnelle.

6.B.2 Outil de Gestion des tâches

Cet outil a pour objectif de proposer des solutions ou des parties de solutions aux utilisateurs. Il assure la répartition des tâches en sous tâches ainsi que l'affectation de rôles ou d'agents à ces tâches. C'est cette entité qui permet une coopération entre divers utilisateurs ou entre la machine et les utilisateurs. Ce type d'outil prend tout son sens dans des coopérations de type complémentaire et interdépendante comme décrit dans les paragraphes respectivement 3.B.1 et 3.B.2. En effet, cet outil doit permettre la régulation de la coopération ainsi que des tâches à réaliser entre les divers acteurs impliqués, le contrôle des tâches réalisées ainsi que la réaffectation si nécessaire. Il nous paraît essentiel de pouvoir supporter la coopération dans un processus de décision de groupe. En effet, l'expérimentation présentée dans le paragraphe 2.B a montré que les décideurs ne vont pas naturellement coopérer en situation asynchrone et distribuée. Il faut alors pouvoir les aider efficacement en leur affectant des parties de problèmes à résoudre ainsi qu'en leur proposant des éléments de solution.

Les techniques envisagées pour en assurer le bon fonctionnement peuvent être diverses et variées.

Tout d'abord le rapprochement avec les SBCCs décrits dans le paragraphe 5.E prend ici tout sens. En effet, on envisage ici de modéliser la décision à prendre sous forme de tâches et de sous tâches ainsi que les méthodes associées pour les réaliser. Cette modélisation du problème initial fait partie intégrante du modèle du domaine proposé dans le paragraphe 5.E. Cette modélisation est réalisée sous forme d'arbre de tâches et de sous tâches introduisant de fait une relation d'ordre entre les différentes tâches à réaliser. Cette étape de modélisation reste très coûteuse et difficilement réalisable, pour des décisions à prendre dans une organisation. Elle est généralement réalisée de manière ad hoc et souvent sous contrainte de temps.

Synthèse des travaux

Dans la structure des SBCCs, on note toutefois un outil de planification permettant d'affecter des agents logiciels ou humains aux tâches préalablement modélisées (pour plus de détails sur cet aspect voir Camilleri (2000)). Cet outil de planification a la particularité de pouvoir gérer cette affectation de tâches de manière dynamique et, en fonction des contrôles des diverses tâches, modifier le planning initialement mis en œuvre. L'intérêt de tels outils, la modélisation du problème sous forme tâche/méthode ainsi que l'outil de planification, est de pouvoir apporter un support interactif et dynamique lors de la résolution collective de problème ; ce type de support -interactif et dynamique- étant une condition sine qua non pour l'Aide à la Décision. Ces contributions ont fait l'objet de publications et notamment dans la revue « Group Decision and Negotiation », volume 14 numéro 2, en collaboration avec Jean Luc Soubie.

Nous envisageons d'autres types d'outils afin de pouvoir planifier les tâches à réaliser dans un processus global de prise de décision. En effet, des outils plus classiques issus de la Recherche Opérationnelle, notamment en Optimisation peuvent aussi être utilisés dans ce cas. Nous envisageons par exemple de modéliser le problème à résoudre sous forme de programme linéaire sous contraintes et d'utiliser un algorithme de résolution connu.

Ce type d'approche a été testé dans le projet de développement d'outil d'aide à la planification dans le cadre de l'apprentissage à distance (voir paragraphe 6.B.2.b).

Cet outil constitue pour nous l'apport essentiel en terme de gestion de la coopération. La coopération homme/machine ou interpersonnelle n'est possible que si cet outil de gestion des tâches permet une replanification rapide ainsi qu'un re-calcul des affectations s'il y a modification du contexte ou évolution du problème. Cette approche essai erreur assure le caractère dynamique de l'outil.

Cet outil prend tout son sens dans les coopérations de type complémentaire et interdépendante dans la mesure où il calcule l'affectation des tâches et ce de manière dynamique.

Ce outil a été appliqué à deux projets : d'une part à un système d'aide à la gestion des situations non nominales et d'autre part à un projet de système d'aide à la gestion de la planification des cours pour un apprentissage à distance.

6.B.2.a Aide à la gestion de situations non nominales

L'idée de ce projet est d'apporter une aide à la décision pour des situations dans lesquelles le contexte de la prise de décision est complètement inhabituel. L'aspect aléatoire dans ce type de situation revêt un caractère très important. Les décisions doivent être prises hors des limites des situations nominales. Nous avons défini ces situations comme étant non nominales. Le problème n'est donc plus de trouver la meilleure solution possible mais de trouver la solution la moins pire possible c'est à dire de minimiser les effets indésirables de l'évènement ayant conduit à cette situation. L'idée est alors de supporter le décideur d'une façon proactive. Le système doit calculer très rapidement les effets d'une décision et proposer des solutions pour lesquelles les effets des situations critiques seraient minorés. Pour cela le système doit être capable de décomposer le problème en sous problèmes mais doit aussi être capable de contrôler l'affectation des tâches à des agents (humains ou non) (pour plus de détails concernant la justification de l'allocation des tâches voir Soubie (1998) et Camilleri et Soubie (2002)).

Ce projet est basé sur l'utilisation de l'architecture des Systèmes à Base de Connaissances Coopératifs défini par Soubie (1996). Cette architecture repose sur un paradigme de résolution du type tâches/méthodes. Ce paradigme est basé sur un principe simple de décomposition de l'objectif en sous tâches avec pour chaque tâche au moins une méthode de résolution de la tâche associée.

Synthèse des travaux

Les nœuds terminaux de la décomposition représentent les dernières sous tâches à réaliser.

Le problème à résoudre va être modélisé de la manière suivante :

Name: Nom de la tâche

Par: Liste des paramètres de la tâche

Objective: Objectif de la tâche

Methods: Liste des méthodes permettant de réaliser la tâche

Notre projet est illustré sur un exemple de pilotage d'avion. La tâche à réaliser est donc le transport de passagers en avion d'un aéroport à un autre :

Name: *transport_people_by_plane*

Par: start: starting point, dest: destination point, ac: aircraft, p:passenger_set

Objective: at(p,dest)

Methods: *usual_transport_people_by_plane*

Nous proposons pour chaque méthode la modélisation suivante :

Name: Nom de la méthode

Heading: Tâche réalisée par cette méthode

App-cond: Conditions d'applicabilité

Prec.: Préconditions à satisfaire.

Effects: Effets générés par l'application de la méthode

Control: Ordre de Contrôle des sous tâches

Sub-tasks: Ensemble des sous tâches

Pour l'exemple ci-dessus cité, nous arrivons à la modélisation suivante :

Name: *usual_transport_people_by_plane*

Heading: *transport_people_by_plane*

App-cond.: start \neq dest, airport_at(start), airport_at(dest)

Prec.:

Effects: fuel_consumption, at(p, dest)

Sub-tasks: *takeoff, cruising, landing*

Le modèle principal de la tâche est appelé le GFM (Good Functioning Model). Il peut être représenté par une décomposition hiérarchique de tâches et sous tâches. Par ailleurs, si des situations dégradées sont bien connues, nous proposons de les modéliser dans un autre modèle le DTL (Degraded Tasks Library) de manière à les utiliser à la place des tâches nominales. Ce dernier modèle (DTL) ainsi que ses tâches ne seront utilisés que lorsqu'une situation

critique survient. De telles situations sont définies par le manque de conditions d'applicabilité d'une tâche du GFM.

Dans un contexte opérationnel, un plan est calculé pour une tâche principale. Lorsqu'un incident se présente, un nouveau plan est calculé prenant en considération les effets collatéraux des tâches à minimiser. L'aide à la décision que le système va apporter à l'utilisateur, va alors consister en une proposition de solution pour laquelle les effets collatéraux ont été minimisés.

Dans l'exemple ci-dessus cité, pour une tâche de pilotage d'un avion, si un incident survient sur la tâche de sortie du train d'atterrissage, nous avons montré que le système peut proposer un nouveau plan au pilote et donc une aide à la décision, en lui proposant de faire des cercles en vol de manière à utiliser tout le carburant afin de minimiser les risques encourus lors d'un atterrissage sans train d'atterrissage. La contribution essentielle de cette application consiste à proposer une approche de replanification pour des situations critiques tout en essayant de minimiser les effets collatéraux de certaines tâches. Il s'agit ici d'une planification interactive résolue par une approche d'Intelligence Artificielle.

Dans l'architecture des SCAD défini au paragraphe 6.B, ce projet constitue pour nous une application de l'outil de gestion des tâches.

Ce projet a fait l'objet de plusieurs publications dans des conférences internationales et notamment dans une revue internationale : Group Decision and Negotiation (GDN) en collaboration avec G. Camilleri et J.L. Soubie volume 14 numéro 2.

6.B.2.b Aide à la planification dans le cadre d'un apprentissage à distance

Ce projet a pour principal objectif l'implémentation et l'évaluation de SIAD pour la planification de cours à distance. Il consiste à développer des SIAD spécifiques pour l'assistance des enseignants dans un meilleur choix concernant

Synthèse des travaux

la planification des cours à distance. Le projet consiste à développer deux architectures des SIAD dans un cadre multi utilisateurs :

1. Une implémentation spécifique client / serveur ;
2. Une implémentation d'un atelier coopératif distribué : SCAD.

L'objectif de ce développement parallèle est d'observer, évaluer, documenter et faire valoir les retours constructifs et positifs sur cette comparaison lors des différentes phases de l'implémentation de l'ensemble des SIAD : le client / serveur et l'atelier coopératif distribué. Ces observations vont se focaliser sur l'évaluation de la performance des prototypes, leur efficacité en terme de qualité de prise de décision, les temps de réponses pour les scénarios étudiés ainsi que, parmi d'autres observations, leur convivialité. Le projet s'attache à évaluer les deux prototypes au point de vue des utilisateurs finaux c'est à dire les enseignants et les élèves.

Ce projet comprend les phases suivantes :

1. Développement du SIAD Client / Serveur
2. Développement de l'atelier SCAD
3. Définition des scénarios de validation
4. Evaluation des prototypes développés lors des phases précédentes sur la base des scénarios définis.

Les trois premières étapes peuvent être réalisées en parallèle.

La troisième étape a déjà commencé et un scénario d'évaluation a été défini et publié. Ce scénario concerne la planification d'un cours de Système Gestionnaire de Base de Données pour une première année d'informatique dans le cadre de l'enseignement à distance. Le cours est divisé en unités de cours, de travaux dirigés et de travaux pratiques. Pour chaque unité nous proposons que le système trouve le moyen de communication optimal selon un certain nombre de contraintes.

Ces contraintes sont relatives à l'enchaînement des différentes unités et définissent des contraintes précédences ainsi qu'à la disponibilité des supports

d'unités ainsi que des moyens de communications. Nous prévoyons aussi la possibilité pour les enseignants de donner leurs indisponibilités sur certaines unités ainsi que leurs préférences.

Un module de résolution est programmé en langage LPL (Linear Programming Language). Ce langage est un langage de programmation et de modélisation logique, mathématique et structurée. Ce langage ainsi que son moteur de résolution peut résoudre des problèmes mathématiques larges, linéaires, non linéaires. LPL est aussi un système distribué capable de communiquer avec des solveurs distants grâce à Internet et de résoudre des modèles complexes, pour plus de détails voir Huerlimann (1999) ainsi que Gachet et Huerlimann (2001).

L'affectation des enseignants à des unités est le résultat de la résolution grâce à LPL selon les préférences des enseignants ainsi que les contraintes définies pour chacun des cours. La durée totale du cours complet sera le résultat d'une fonction à minimiser comprise entre une borne inférieure et une borne supérieure. Il s'agit ici d'une autre approche de la planification interactive résolue grâce à des outils non plus d'Intelligence Artificielle mais de Recherche Opérationnelle et plus particulièrement de programmation linéaire.

La troisième étape de ce projet, la définition d'un scénario ainsi que sa résolution a fait l'objet d'une publication dans une conférence internationale de l'IFIP sur les « DSS » en collaboration avec des partenaires internationaux : F. Dargam (Autriche), A. Gachet (Suisse) ainsi que T. Barnhart (Brésil), IFIP8.3 DSS'04.

Le premier prototype client / serveur a été réalisé grâce au serveur Apache, en Php et la base de données a été réalisée sous MySQL. Il est décrit dans l'annexe 3.

Cet outil doit par ailleurs être complété par un outil de capitalisation des connaissances afin de pouvoir garder une trace de la partie de résolution déjà effectuée ou des résolutions antérieures.

6.B.3 Outil de capitalisation des connaissances

Il nous paraît essentiel de pouvoir capitaliser les connaissances des décideurs impliqués dans les processus de décision afin que chacun puisse y faire référence si nécessaire. Par ailleurs les décideurs impliqués dans des processus de prise de décision distribuée et asynchrone pourront être supportés par cet outil en réutilisant des solutions existantes par exemple ou simplement des parties de solutions déjà établies. Cet outil prend tout son sens dans les coopérations de type interdépendante et complémentaire où les tâches à réaliser peuvent être découpées en différentes parties distinctes. Nous avons eu l'occasion de développer plusieurs outils de capitalisation des connaissances.

6.B.3.a Projet DECIDE

Notre première expérience dans ce domaine s'est déroulée dans le cadre d'un projet Esprit n°22298. Le projet DECIDE pour « DECision support for optimal bIDDing in a competitive business Environment » s'est déroulé de Juillet 1996 à Octobre 1998. Il avait pour objectif le développement d'un système interactif d'aide à la décision pour la réponse à des appels d'offre dans le cadre de produits uniques ou en petites séries. Le consortium était composé d'entreprises : Thomson Toulouse, BWM Brême, IXI ; ainsi que des partenaires universitaires : BIBA Brême, UMIST Manchester ainsi que l'INPT département Génie des Systèmes Industriels.

L'objectif du projet était de réaliser un outil d'aide à la réponse à appel d'offre. Cet outil est composé des quatre modules suivants ainsi que d'un tableau de bord :

Synthèse des travaux

- Le module « Enterprise Products & Processes Model Repository » (EPPMR) : cet outil décrit à un niveau détaillé, les modèles des produits de l'entreprise ainsi que leur processus pour la conception, la production et la maintenance. Le but de ce module est de créer une mémoire collective des acteurs impliqués dans les processus de réponse à appel d'offre et est développé par l'INPT ;
- Le module « Product Cost Modelling Support System » (PCMSS) : ce module aide le gestionnaire de projet pour l'évaluation des coûts de nouvelles solutions et a été développé par BIBA ;
- Le module « Value Analysis Support System » (VASS) : ce module permet une analyse fonctionnelle des produits demandés par les clients ainsi qu'une analyse de la valeur de ces produits et a été développé par IXI ;
- Le module « Product Pricing Support System » (PPSS) : permet le calcul du prix maximum auquel une réponse d'appel d'offre peut être faite ainsi que ses possibilités de succès et a été développé par UMIST ;
- Finalement le tableau de bord a été développé par IXI.

Le projet dans son ensemble a fait l'objet de plusieurs publications et j'ai notamment édité un numéro spécial entièrement dédié à ce projet dans la revue *Journal of Decision Systems*, volume 8 numéro 1, 1999.

Pour la conception du module EPPMR notre contribution a consisté essentiellement à développer d'une base de données relationnelle contenant trois entités principales :

- les produits,
- les ressources,
- les processus.

Chacune de ces entités a la particularité de pouvoir se décomposer en sous entités : sous produits, sous processus, sous ressources créant ainsi une hiérarchie de produits, de processus, de ressources ou des arbres de solutions. Ceci est modélisé dans le modèle conceptuel de la base de données grâce à une relation réflexive sur chacune des entités.

Pour l'aspect capitalisation des connaissances le modèle conceptuel de la base de données comprend trois parties distinctes :

- les items courants issus du système d'information de l'entreprise,
- les items récurrents permettant de stocker des éléments de solutions revenant périodiquement et enfin
- les items à examiner qui sont issus des items courants et pas encore considérés comme des items récurrents.

Les parties de solution constituent des connaissances en matière de réponse à appel d'offre ou génération de solution nouvelle. Ces connaissances suivent donc un processus en trois étapes : état courant, état à examiner et état récurrent aux yeux des utilisateurs afin de vérifier leur validité. En effet, un utilisateur aura une confiance plus limitée dans des connaissances venant des états courants plutôt que des états récurrents. Cet aspect de nos contributions a fait l'objet de publications et notamment dans une conférence internationale Voir Sebal et al (1999).

6.B.3.b Gestion des connaissances imparfaites

L'approche développée dans la thèse de Leoncio Jimenez Candia intitulé « Gestion des connaissances imparfaites dans les organisations industrielles : cas d'une industrie manufacturière en Amérique Latine » a consisté à développer une base de données relationnelle floue. Le but du travail n'était pas de travailler à partir de plusieurs sources de données pour en faire un fuzzy data mining mais de faciliter le traitement de données floues en choisissant un seul format de données. Le travail a donc consisté à développer une base de données relationnelle sous Oracle 8 puis à extraire les connaissances nécessaires sur la base d'un filtrage flou grâce un système client serveur FuzzySQL (FSQL). Le co-encadrement de cette thèse a surtout consisté pour ma part en une aide pour l'élaboration du modèle conceptuel de la base de données et a fait l'objet de publication dans une conférence nationale voir Jimenez et al (2005). Ce travail s'est déroulé en collaboration avec les membres de l'équipe de Génie

Industriel du Laboratoire de Génie Chimique, Germain Lacoste ainsi que Jean Marc Le Lann.

6.B.3.c Projet Siemens

Ce travail s'inscrit dans un projet de capitalisation des connaissances au sein d'une grande organisation de production de systèmes, produits et modules électroniques, électriques et électromécaniques : Siemens, dans un département d'électronique habitacle, au sein d'un service Qualité. Ce projet vise à systématiser une approche qualité grâce à une gestion rationalisée des connaissances.

Nous nous situons ici à la croisée de deux objectifs : un objectif industriel : améliorer la démarche qualité de l'entreprise ; ainsi qu'un objectif académique : tester et adapter une méthodologie de capitalisation des connaissances : la méthode GAMETH (voir Grundstein (2000)). Le projet dans sa globalité s'est déroulé en deux grandes parties. La première partie a consisté à mettre en œuvre la méthodologie GAMETH ainsi qu'à réaliser un outil de capitalisation des connaissances COOL (voir Houé et al., 2003). L'outil COOL a ensuite été utilisé dans l'entreprise sur une période de six mois afin d'obtenir des retours utilisateurs. La deuxième grande partie de ce projet a consisté à recueillir les feedbacks des utilisateurs sur cette maquette afin d'améliorer l'outil, ce qui a permis de développer un deuxième outil : l'outil RECAP (pour plus de détails sur le projet et les outils développés voir Annexe 2).

Cette étude a pu nous montrer qu'en matière de capitalisation des connaissances il est intéressant de modéliser les connaissances non plus comme des objets figés mais comme des matières dynamiques et vivantes. En effet, elles sont partagées par différents types d'acteurs, et elles sont utilisées dans des différents processus de fabrication. Dans ce cas, un produit est utilisé dans différents assemblages, il est donc intéressant de noter en matière de pannes : les pannes conséquences ou les pannes causes de celle détectée ainsi que les

solutions qui sont apportées à ces pannes. Par ailleurs, le développement de ces outils nous a montré que différentes catégories d'acteurs, plus ou moins impliqués dans la tâche à réaliser et dans le processus de capitalisation des connaissances, sont inclus dans un processus de capitalisation des connaissances. Nous distinguons des acteurs plus ou moins proches de la connaissance et donc plus ou moins moteurs en matière de production de connaissance. Il nous paraît donc intéressant de modéliser les connaissances non plus comme des objets ou des entités statiques mais comme des processus à part entière et c'est l'objet de la section suivante.

6.B.3.d Capitalisation des connaissances : un modèle orienté processus

Selon Nonaka I., Takeuchi H. (1997) la capitalisation des connaissances est vue comme l'enchaînement de plusieurs processus permettant de faire passer du statut de connaissances tacites à connaissances explicites et vice versa et des connaissances individuelles aux connaissances collectives. On note les processus suivants :

- l'Extériorisation : permettant de faire évoluer des connaissances tacites en connaissances explicites ;
- la Combinaison : permettant la création de nouvelles connaissances collectives explicites ;
- l'Internalisation : permettant l'évolution des connaissances collectives explicites en connaissances collectives tacites ;
- la Socialisation : permettant de nouvelles connaissances collectives tacites.

On peut aussi noter un autre courant anglo-saxon autour du « Cooperative learning » avec des auteurs comme Johnson D. et Johnson R. (1989) qui montrent que « l'Apprentissage est vu comme un processus social ou un petit groupe de personnes travaillent ensemble à maximiser l'apprentissage de chacun pendant qu'ils se complètent sur les objectifs de travail de chacun ».

Synthèse des travaux

Certains auteurs ont une vue étendue de la connaissance. C'est le cas de Blacker F. (1995) qui propose de considérer la connaissance comme un objectif en soi ainsi que comme un processus socialement construit.

Casselman R. et Samson D. (2005) proposent d'examiner la connaissance selon une perspective plus holistique en mettant en correspondance les savoirs ainsi que les connaissances et par ailleurs d'analyser la connaissance selon quatre dimensions :

- la validité,
- les aspects sociaux
- l'aspect temporel
- l'hétérogénéité.

Notre objectif étant de développer des systèmes capables de supporter les acteurs impliqués dans un processus de résolution de problème utilisant des connaissances, nous proposons de modéliser la capitalisation des connaissances comme un processus. Pour cela nous proposons d'analyser ce processus selon les 4 dimensions précédemment citées.

Pour la dimension temporelle de la connaissance nous introduisons :

- une durée de vie avec une entrée et une fin,
- un processus global permettant d'entrer dans cette durée de vie et d'en sortir,
- deux états pour la connaissance :
 - Connaissance à partager
 - Connaissance validée.

Pour la dimension validité de la connaissance nous introduisons un rôle particulier dans les utilisateurs de tels systèmes : un valideur de la connaissance qui doit valider ou non les connaissances émises par d'autres. La personne jouant ce rôle doit évidemment être reconnue par les acteurs impliqués comme un expert de la tâche à réaliser.

Synthèse des travaux

Pour la dimension hétérogénéité de la connaissance nous proposons que plusieurs systèmes puissent être utilisables sans distinction et à partir d'un seul et même outil.

Cette dimension fait aussi référence aux aspects bases de données multidimensionnelles mais il s'agit ici d'une perspective de travail.

Pour l'aspect social de la connaissance nous introduisons 4 rôles correspondant aux différents degrés d'utilisation du système. Ces 4 rôles sont définis selon les degrés d'expertise des acteurs :

- Lecteur (L) : la personne qui n'a le droit que de lire les informations, c'est en général la plus novice,
- Partageur (P) : la personne qui désire partager une connaissance avec d'autres mais qui ne la valide pas. Elle vient la déposer dans le système,
- Valideur (V) : une personne qui est reconnue par les autres comme un expert du domaine qui vient déposer une marque de confiance sur les connaissances à partager. Ces états de la connaissance peuvent se traduire dans le système développé par des couleurs différentes,
- Administrateur (A) : la personne qui a tous les droits en matière de capitalisation des connaissances : supprimer, rajouter etc.... des connaissances.

Nous proposons un modèle pour ce processus de capitalisation des connaissances dont le formalisme est issu des Réseaux de Pétri.

Nous soulignons que cette notion de processus de capitalisation des connaissances ainsi que les différents états de la connaissance ont déjà été abordés dans le cadre du projet DECIDE (voir paragraphe 6.B.3).

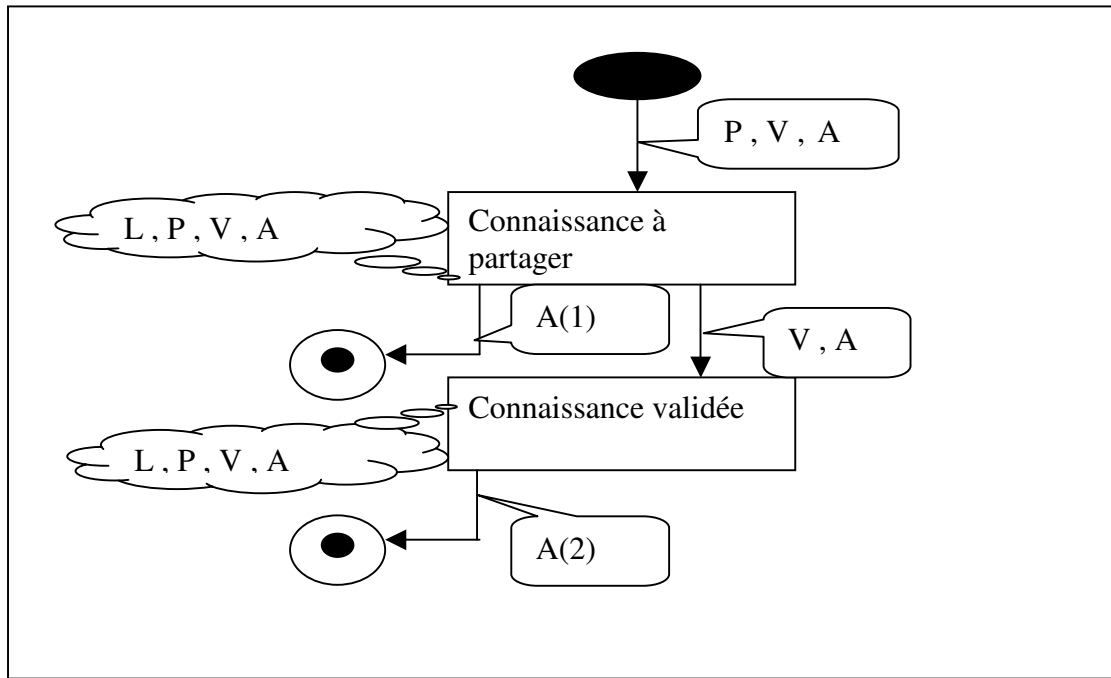


Figure 10 : Capitalisation des connaissances : un modèle orienté processus

L'administrateur a la possibilité de supprimer des connaissances de l'entrepôt de deux manières :

- A(1) : Soit après un délai fixé par les membres du projet une connaissance à partager n'est validée par aucun membre, ce qui implique que cette connaissance n'a plus de degré de crédibilité auprès des autres,
- A(2) : Soit une connaissance n'a plus lieu d'exister dans l'entrepôt car le contexte a changé ou les règles ont changé.

Nous distinguons dans la figure 10 des accès en lecture à l'entrepôt caractérisé par des bulles sur la gauche du schéma ou en écriture à droite du schéma caractérisé par des traits pleins.

Cette contribution a fait l'objet d'un co-encadrement de thèse de Michel Munoz ainsi que de publications notamment une dans la revue « Cybernetics and Systems Analysis ». Nous tentons actuellement d'appliquer ce travail de modélisation du processus de capitalisation des connaissances vu comme un processus à la gestion de l'innovation et c'est l'objet de la section suivante.

6.B.3.e Gestion de l'innovation

L'approche développée dans la thèse en cours de réalisation de Guillermo Cortes Robles consiste à créer une base de connaissance des cas déjà réalisés dans le cadre de la gestion de projet innovant. L'approche repose sur la matrice de contradictions définie par Altshuller (2001). Il s'agit d'une matrice 39*39 pour laquelle un certain nombre de cellules sont vides. Cette matrice est stockée sous la forme d'une base de données relationnelle. Mon apport à ce travail consiste essentiellement à définir le modèle conceptuel de la base de données sous forme de trois entités. Ce modèle est en cours d'implémentation et est susceptible de modification. L'idée principale du travail a fait l'objet de publication et notamment à la conférence TRIZCON2005 : « The Seventh Annual Altshuller Institute for TRIZ Studies International Conference » qui s'est déroulée du 17 au 19 Avril 2005 à Brighton, USA. Ce travail se déroule en collaboration avec les membres de l'équipe de Génie Industriel du Laboratoire de Génie Chimique, Stéphane Negny ainsi que Jean Marc Le Lann.

Dans le cadre des SCADs cet outil de capitalisation des connaissances doit par ailleurs être complété par un outil de gestion dynamique de l'interaction Homme/machine.

6.B.4 Outil d'Interaction Homme / Machine dynamique

Selon Tung Bui les technologies utilisées pour développer des SIAD ont considérablement évolué ces dix dernières années. Si l'on se réfère à l'architecture des SIAD proposée par Sprague et Carlsson (1982) on peut constater une évolution des différents modules constituant un SIAD (voir Bui (2002)).

En matière de base de données toute l'approche « Informatique Décisionnelle » a contribué à l'évolution de ces systèmes. Beaucoup d'avancées technologiques

ont été réalisées réduisant de ce fait les problèmes de données multiples au sein des organisations ou de données redondantes provenant de différentes sources. Pour les bases de modèles nous avons montré tout au long de ce mémoire que différentes technologies contribuent à l'évolution des SIAD pour les rendre plus efficaces. En effet selon Shim et al. (2002) des modules basés sur l'Intelligence Artificielle sont venus considérablement améliorer les performances des systèmes supportant la prise de décision.

Selon Bui (2002), Shim et al (2002) l'interface utilisateur des SIAD reste l'aire future sur laquelle les chercheurs et les développeurs doivent se focaliser. En effet, l'amélioration de l'interactivité de ces systèmes permettra de les faire évoluer.

La thèse de Michel Munoz que je co-encadre contribue à l'amélioration de ces outils. En effet, dans sa thèse Michel Munoz cherche à développer un outil capable de gérer l'interface homme/machine de manière dynamique pour des systèmes d'aide à la résolution de problèmes. Cet outil doit prendre en considération des contraintes relatives à la charge cognitive de l'utilisateur lors de l'exécution d'une tâche, des contraintes relatives à la résolution du problème global. L'étude consiste dans un premier temps à modéliser de manière générique et pertinente les situations d'activité impliquant un ou plusieurs opérateurs humains ou logiciels. L'interaction homme/machine est une forme d'activité particulière. La problématique à résoudre est alors la suivante : quand et pourquoi le système doit-il s'adapter ? Il faut alors caractériser, quantifier et raisonner sur les configurations de l'activité impliquant une adaptation de la part du système.

L'hypothèse est que le système doit s'adapter lorsque la situation contient une ou plusieurs discordances. La démarche scientifique pour traiter ce problème est déclinée en quatre temps :

- Description a priori des discordances possibles (sorte de vocabulaire de base des discordances),
- Lien entre ces discordances et les causes possibles a priori,

Synthèse des travaux

- Association des stratégies de résolution à ces discordances
- Détermination d'un mécanisme raisonnant uniquement sur ces discordances. Ce mécanisme doit d'une part déterminer la présence de conflits et la stratégie la plus appropriée en fonction de la situation et des connaissances du système.

L'aide apportée pour sortir de ces discordances constitue pour nous une avancée en matière de dynamisme de l'interaction.

Ces travaux ont fait l'objet de publications notamment lors de la conférence nationale d'IHM.

Comme perspective et application de ces IHM dynamiques, nous envisageons de coupler cette problématique avec un outil de simulation en conception de systèmes hybrides en génie des procédés. L'idée consiste à doter un simulateur existant, appelé ProDhys, développé au Laboratoire de Génie Chimique par l'équipe d'analyse fonctionnelle des procédés, d'un outil d'interface homme/machine dynamique. *PrODHyS* est une plate-forme de développement de simulateurs dynamiques hybrides dédiés ou généraux. Divers outils et *IHM* ont été développés (ou sont encore en cours de développement) selon le contexte d'utilisation de la bibliothèque. Remarquons cependant que quel que soit le mode d'acquisition utilisé, la modélisation d'un procédé suit toujours un processus bien défini et systématique.

La forme la plus directe d'utilisation de *PrODHyS* est l'écriture d'un code C++. Le développeur peut ainsi créer des simulateurs dédiés sous forme d'exécutables (couplés éventuellement à une *IHM* spécifique) ou d'un composant.

Le système final apportera une aide à l'utilisateur, c'est-à-dire une aide à la modélisation pour un concepteur de procédés. Ce projet est composé de plusieurs étapes : dans un premier temps on modélisera la connaissance des experts en simulation des procédés afin de créer un système à base de connaissances ; dans un deuxième temps on développera une *IHM* capable de guider le concepteur de procédés dans son processus de simulation ; dans un

dernier temps mais à plus longue échéance on envisage de créer un module de mise à jour automatique de la base de connaissances. Ce projet n'en est qu'à une phase de démarrage, a fait l'objet de publication en collaboration avec Gilles Hétreux et Jean Marc Le Lann du LGC notamment lors de la conférence de la Société Française de Génie des Procédés : SFGP'2005 et va faire l'objet de la thèse de Florian Fabre que je co-encadre.

6.C Conclusion

La notion de système coopératif d'aide à la décision est plus une proposition d'architecture logicielle qu'un système entièrement développé. Le principe majeur de cette proposition est de pouvoir fournir une aide au décideur globalement intégrée. L'apport principal de ce type d'outil réside dans la possibilité offerte à l'utilisateur de résoudre une partie du problème. Le système doit être capable de réagir dynamiquement, c'est à dire, en fonction des réponses utilisateurs, recalculer et repropose une affectation des tâches aux divers utilisateurs. Ceci est possible grâce à une planification interactive des décisions à prendre et/ou des tâches à réaliser. Cependant, comme vu dans le chapitre 2, section 2.B, la confrontation humaine reste essentielle en matière de prise de décision. Cette confrontation est un vecteur d'argumentation pour les divers décideurs. Il nous paraît alors primordial de souligner que l'utilisation de ce type d'outil devra aussi être accompagnée d'une méthodologie permettant de gérer le processus global de décision coopérative. En effet, pour des décisions de type stratégique, ayant un impact financier, humain et organisationnel important, il nous paraît évident de prévoir des rencontres réelles entre les divers décideurs afin de leur permettre de mieux négocier et argumenter.

Références contributions

Alquier A.M., Sebal S., Zaraté P. (1997) : A Decision Support System for Bidding Process. *IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Orlando, USA, Octobre.

Alquier A.M., Sebal S., Zaraté P. (1997) : Une méthode et un outil de capitalisation des connaissances guidés par la mise en œuvre d'un système d'aide à la décision stratégique. Présentation d'une mise en œuvre dans le cadre d'un projet européen (ESPRIT 22298 : DECIDE). *2^{ième} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'97*, Albi, France, Septembre.

Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2005) : Critical situations for decision Making : a support based on a modelling too. *Group Decision and Negotiation Journal*, volume 14, Numéro 2, pp 159-171, Mars.

Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Critical context for Decision making : a modelling approach based on a Re-planning tool. *Actes de la Conférence Internationale KES'2003*, Oxford, UK, Tome II, pp 53-58, 3-5 Septembre.

Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Critical situations for Decision making : a support based on a modelling too. Dans Bui T., Sroka H., Stanek S. et J. Gotuchowski *DSS in the Uncertainty of the Internet Age*, Ustron, Pologne, ISBN 83-7246-298-4, pp 469-480, 13-16 Juillet.

Cortes Robles G., Negny S., Le Lann J.M., Zaraté P. (2005) : Innovation Management and Knowledge Management in Process and Industrial Systems Engineering : TRIZ and Case Based Reasoning. *Actes de la Conférence Internationale TRIZCON2005*, Brighton, USA, 17-19 Avril.

Dargam F., Gachet A., Zaraté P., Barnhart T. (2004) : DSSs for Planning Distance Education: A case Study. Dans Meredith R., Shanks G., Arnott D., Carlsson S. *Decision support in an uncertain and complex world*, Prato, Italie, ISBN 0 7326 2269 7, pp 169-179, 1-3 Juillet.

Hétreux G., Zaraté P., Le Lann J.M. (2005) : Conception d'un atelier de modélisation pour la simulation dynamique hybride des procédés. *Récents Progrès en Génie des Procédés*, Numéro 92 - 2005, ISBN 2-910239-66-7, Ed. SFGP, 10^{ième} Congrès de la Société Française de Génie des Procédés **SFGP'05**, Toulouse, France, 20-22 Septembre.

Houé R., Zaraté P., Varquez J., Le Lann J.M. (2003) : Mise en oeuvre de la méthodologie Gameth pour la capitalisation des connaissances au sein d'une grande organisation. *5^{ième} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'03*, Québec, Canada, 26-29 Octobre.

Jimenez L., Urrutia A., Galindo J., Zaraté P. (2005) : Implementacion de una Base de Datos Relacional Difusa. Un caso en la Industria del Carton. *Revista Colombiana de Computacion*, à paraître.

Synthèse des travaux

- Munoz M., Zaraté P., Soubie J.L. (2005) : Interaction adaptative pour systèmes coopératifs : raisonner sur les discordances. *Actes de la Conférence Francophone IHM'05*, Toulouse, France, 27-30 Septembre.
- Sebal S., Kromker M., Wurst S., Zabel J., Zaraté P. (1999) : Concept of the EPPMR/PCMSS module. *Journal of Decision Systems*, volume 8, Numéro 1, pp 29-41.
- Sebal S., Alquier A.M., Zaraté P. (1997) : A tool for knowledge capitalisation. *ISAS and IEEE World multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, Caracas, Venezuela, Juillet.
- Zaraté P., Munoz M., Soubie J.L., Houé R. (2005) : Knowledge Management Systems : A Process Oriented View. *Cybertenics and Systems Analysis*, volume 41, Numéro 2, pp 274-277, Mars.
- Zaraté P., Soubie J. L. (2004) : An overview of supports for Collective Decision Making. *Journal of Decision Systems*, volume 13, Numéro 2, pp 211-221.
- Zaraté P. (2002) : Collective Decision Making : Which supports for which situations ? *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 96-106, 4-7 Juillet.
- Zaraté P. (Ed) (1999) : *DECIDE Esprit Project n°22298*. *Journal of Decision Systems (JDS)*, volume 8, Numéro 1, Novembre.

Conclusion générale

L'objectif d'un concepteur de Systèmes d'Aide à la décision est de supporter, au mieux, le processus décisionnel dans une organisation. L'introduction des TICs dans les organisations avait, entre autres objectifs, de supporter au mieux la prise de décision. Nous avons montré dans ce mémoire que, non seulement les TICs ne supportent pas idéalement le processus décisionnel, mais encore elles le modifient considérablement. De plus, les processus de décision dans les organisations ont évolué et les décideurs travaillent de plus en plus en mode asynchrone et distribué. Les systèmes d'aide à la décision proposés doivent alors assurer, au pire une synchronisation des acteurs impliqués, au mieux une coopération. Notre contribution majeure au domaine des Systèmes d'Aide à la Décision réside plus dans le support que nous pouvons apporter en matière de décision coopérative. Cette aide passe pour nous par une planification interactive des tâches coopératives.

Tout au long de ce mémoire, nous avons montré que les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision ont évolué, de leur apparition dans les années 70 jusqu'à nos jours, tant d'un point de vue architecture que d'un point de vue fonctionnel.

Pour l'aspect architecture, nous avons montré que l'architecture initialement proposée par Sprague et Carlsson (1982), comprenant une base de données, une base de modèles et une interface ainsi que leurs systèmes gestionnaires respectifs, a évolué en intégrant des modules basés sur la connaissance ainsi que des modules gestionnaire de la coopération. Nous proposons de supporter le processus de décision dans les organisations, non plus grâce à des outils dédiés, mais grâce à des plateformes d'outils. L'apport principal des plateformes d'outils que nous proposons réside dans une aide à la décision coopérative.

Beaucoup de systèmes d'aide à la décision ont été développés, chacun ayant des visées différentes. Certains sont dédiés à une tâche très précise, d'autres

améliorent la coopération entre différents décideurs, d'autres encore tentent d'améliorer les modèles de raisonnement des décideurs. Il nous paraît primordial pour les années à venir d'améliorer les interfaces Homme/Machine de tels systèmes.

En effet, le concept d'interface coopérative doit encore être amélioré. Cet élément logiciel doit par exemple pouvoir, à terme, prévenir de mauvaises manipulations d'un utilisateur qui viendraient anéantir le travail des autres utilisateurs.

Il s'agit là d'une perspective de travail très intéressante pour les Systèmes d'Aide à la décision, mais aussi pour tout autre système d'aide à la réalisation d'une tâche. Cette perspective passe par une utilisation des résultats issus du domaine de la gestion des dialogues ainsi que celui de la Théorie du Langage.

D'un point de vue des fonctionnalités, nous avons montré que les SIAD intègrent de plus en plus de fonctionnalités nouvelles pour en arriver aux Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision proposant une gestion de la coopération entre divers décideurs. Cependant, nous sommes tout à fait conscients des limites de tels systèmes. Ils ne sont pas universels et ne prétendent nullement l'être ; ils ne sont sûrement pas utiles dans toutes sortes de processus de décision de groupe. Ils peuvent être utiles pour des situations de type asynchrone et distribué. Les processus de décision de groupe en mode asynchrone et distribué sont des processus complexes et méritent d'être plus profondément analysés. En effet, nous sommes conscients de leur caractère multi processus. Ils comprennent différentes phases pouvant s'apparenter elles même à des processus (pour plus de détails voir Borges et al. (2002)) :

- La pré-décision : quels ont les acteurs en présence, acceptés ou non ? Qui participe ? Cette phase peut elle-même comprendre plusieurs étapes de négociation, de coopération.
- La décision : c'est un processus qui a été longuement étudié, par divers auteurs, incluant aussi des phases de coopération.

Synthèse des travaux

- La post-décision : comment la décision va t-elle être opérationnalisée dans l'organisation ? Cette opérationnalisation est elle-même un processus. Qui va le suivre ? Cette étape va aussi comprendre des phases de coopération.

Il s'agit ici d'une autre perspective de travail très intéressante, faisant appel à des disciplines autres que l'informatique telles que la sociologie des organisations, la psychologie cognitive etc....

Il nous paraît essentiel alors de pouvoir proposer aux utilisateurs différentes sortes d'outils selon l'étape courante du processus de décision : pré-décision, post-décision etc... Nous dégageons là une autre perspective de travail technologique. Il faut développer le bon outil pour la bonne étape. Pour cela des plateformes d'outils plus complexes que celle proposée dans ce mémoire sont nécessaires. On peut même envisager, à terme, une gestion automatique des outils de travail nécessaires selon l'étape en cours. Cette dernière perspective passera par une modélisation du raisonnement de gestion d'un processus de décision pour être utilisée dans un système à base de connaissance.

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Le parcours des phases de la décision par Simon (1977) revisité</i>	<i>17</i>
<i>Figure 2 : Tableau résumant les caractéristiques de l'expérimentation</i>	<i>27</i>
<i>Figure 3 : Architecture des SIAD selon Sprague et Carlson (1982).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 4: Schéma de principe d'un datawarehouse (source Jean-François Goglin).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 5: Architecture des SIAD selon Marakas (2003).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 6 : Architecture conceptuelle de I-DMSS de Forgionne et al (2002)</i>	<i>49</i>
<i>Figure 7: Architecture élémentaire d'un système à base de connaissance coopératif selon Soubie (1996).....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 8 : Architecture des SCAD</i>	<i>76</i>
<i>Figure 9 : Tableau des différentes aides à la décision collective en fonction des différents types de situations</i>	<i>76</i>
<i>Figure 10 : Capitalisation des connaissances : un modèle orienté processus</i>	<i>92</i>

BIBLIOGRAPHIE

- Alquier A.M., Sebal S., Zaraté P. (1997) : A Decision Support System for Bidding Process. *IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Orlando, USA, Octobre.
- Alquier A.M., Sebal S., Zaraté P. (1997) : Une méthode et un outil de capitalisation des connaissances guidés par la mise en œuvre d'un système d'aide à la décision stratégique. Présentation d'une mise en œuvre dans le cadre d'un projet européen (ESPRIT 22298 : DECIDE). *2^{ième} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'97*, Albi, France, Septembre.
- Atmaniou L. (2002) : *Mise au point d'une procédure d'aide à la décision pour la conception d'ateliers btach*. Rapport du DEA Génie des Procédés et d'environnement.
- Atmaniou L., Dietz A., Azzaro-Pantel C., Zaraté P., Pibouleau L., Domenech S., Le Lann J.M. (2003) : A Multi-objective Genetic Algorithm optimisation framework for batch plant design. Actes de la Conférence Internationale *8th International Symposium on Process Systems Engineering PSE*, Kuming, Chine, 22-27 Juin.
- Atmaniou L., Dietz A., Azzaro-Pantel C., Zaraté P., Domenech S., Le Lann J.M., Pibouleau L. (2003) : Comparaison de deux procédures d'aide à la décision multicritère pour la conception d'ateliers discontinus de chimie fine. Actes de la conférence francophone *5^{ième} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'03*, Québec, Canada, 26-29 Octobre.
- Axelrod R. (1992) : *Donnant, donnant*. Odile Jacob, Paris.
- Bannon L. (1997) : Group Decision Support Systems : An analysis and critique. Actes de la Conférence Internationale en "Information Systems", Cork, volume 1, pp 526-539.
- Baudet P. (1997) : *Ordonnancement à court terme d'un atelier discontinu de chimie : cas du fonctionnement job-shop*. Thèse de doctorat, INP ENSIGC Toulouse, France.
- Bernal Haro L. (1999) : *Conception d'ateliers discontinues multi-objectifs de chimie fine par un Algorithme Génétique*. Thèse de doctorat, INP ENSIGC Toulouse, France.
- Blacker F. (1995) : Knowledge, knowledge work and organizations: An overview and interpretation. *Organization Studies*, volume 16, pp 1021-1046.
- Blandin J.S. et Brown W.B. (1977) : Uncertainty and management search for information. *IEEE Transactions on Engineering Management*, M24, pp 114-119.

Synthèse des travaux

- Blay-Fornarino M., Pinna-Dery A.M., Schmidt K., Zaraté P. (Eds) (2002) : *Cooperative Systems Design : A challenge on the Mobility Age*. IOS Press, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, volume 74, ISBN 1 58603 244 5, Juin.
- Bonczek R., Holsapple C. et Whinston A. (1981) : *Foundations of Decision Support System*. Academic Press, New York.
- Borges M., Pino J., Valle C. (2002) : On the Implementation and Follow-up of Decisions. *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 366-376, 4-7 Juillet.
- Bouron T. (1993) : Structure de communication et d'organisation pour la coopération dans un univers multi-agents. *Rapport du Laforia n°93/04*, Février.
- Brézillon P. (2003) : Context dynamic and explanation in contextual graphs. Dans Blackburn P., Ghidini C., Turner R.M. and Giunchiglia F. (Eds.) *Modeling and Using Context (CONTEXT-03)*, LNAI 2680, Springer Verlag Verlag, pp. 94-106.
- Brézillon P., Adam F. et Pomerol J.C. (2003) : Supporting complex decision making processes in organizations with collaborative applications - A case study. Dans Favela J. and Decouchant D. (Eds.) *Groupware: Design, Implementation, and Use*, LNCS 2806, Springer Verlag, pp. 261-276.
- Brézillon P. et Zaraté P. (2005) : Group Decision Making : A Context oriented View. *Journal of Decision Systems Numéro special : Case studies in Decision Making and Decision Support in a Complex World*, Humphreys P. et Sammon D. (Eds), volume 14, numéro 3, à paraître.
- Brézillon P. et Zaraté P. (2004) : Group Decision Making: A Context oriented view. *Actes de la Conférence Internationale IFIP8/WG8.3*, Meredith R., Shanks G., Arnott D., Carlsson S. (Eds), Prato, Italie, ISBN 0 7326 2269, pp 123-133, 1-3 Juillet.
- Brunsson N. (1989) : *The Organisation of Hypocrisy*. John Wiley & Sons, England.
- Bui T. (2002) : Decision Support Systems : Old Problems, New Solutions ? *Conférence Invitée IFIP TC8/WG8.3 DSI'Age*, Cork, Irlande.
- Bui T. (1987) : *A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making*. Lecture Notes in Computer Science, Berlin Heidelberg, Germany, Springer-Verlag.
- Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2005) : Critical situations for decision Making : a support based on a modelling too. *Group Decision and Negotiation Journal*, volume 14, numéro 2, pp 159-171, Mars.

Synthèse des travaux

- Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Critical context for Decision making : a modelling approach based on a Re-planning tool. *Actes de la Conférence Internationale KES'2003*, Oxford, UK, Tome II, pp 53-58, 3-5 Septembre.
- Camilleri G., Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Critical situations for Decision making : a support based on a modelling tool. Dans Bui T., Sroka H., Stanek S. et J. Gotuchowski *DSS in the Uncertainty of the Internet Age*, Ustron, Pologne, ISBN 83-7246-298-4, pp 469-480, 13-16 Juillet.
- Camilleri G. et Soubie J.L. (2002) : TMMT: Tool supporting knowledge modelling. *Rapport IRIT 2002-16-R*.
- Camilleri G. (2000) : *Une approche, basée sur les plans, de la communication dans les systèmes à base de connaissances coopératif*. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, Décembre.
- Casselmann R. et Samson D. (2005) : Moving beyond tacit and explicit: four dimensions of knowledge. *Actes de la Conférence Internationale HICSS'38*, N°ISBN 0-7695-2268-8, IEEE.
- Cellary W. et Kersten G. (2004) : Electronic negotiations : models, systems and agents. *Journal of Decision Systems*, volume 13, numéro 4, pp 371-374.
- Cortes Robles G., Negny S., Le Lann J.M., Zaraté P. (2005) : Innovation Management and Knowledge Management in Process and Industrial Systems Engineering : TRIZ and Case Based Reasoning. *Actes de la Conférence Internationale TRIZCON2005*, Brighton, USA, 17-19 Avril.
- Dargam F., Leopold-Wildburger U., Polasek W., Zaraté P. (Eds.) (2005) : *Actes du « Joint-Workshop on DSS, Experimental Economics and e-Participation »*, Graz, Austria, 5-7 Juin.
- Dargam F., Gachet A., Zaraté P., Barnhart T. (2004) : DSSs for Planning Distance Education: A case Study. Dans Meredith R., Shanks G., Arnott D., Carlsson S. *Decision support in an uncertain and complex world*, Prato, Italie, ISBN 0 7326 2269 7, pp 169-179, 1-3 Juillet.
- Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourgine R., Zacklad M., Zaraté P. (1993) : GEOCOOP Conception d'une méthode d'acquisition des connaissances contextuelles et de modèles de coopération : Application au développement d'un système géographique d'aide à l'estimation du risque et à la gestion de crises. *Rapport de recherche INRIA n°2052*, Octobre.
- Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourgine R., Zacklad M., Zaraté P. (1993) : Modelling of Man-Machine Cooperation for the design of Knowledge Based Support Systems. *Rapport de recherche du Laforia n° 93/25*, Juillet.

Synthèse des travaux

- Darses F., Desprès S., Dieng R., Giboin A., Karsenty L., Rosenthal-Sabroux C., Teulier-Bourguine R., Zacklad M., Zaraté P. (1992) : Modélisation de la coopération homme/machine : Bibliographie commentée Groupe COOP. *Rapport de recherche EHEI n° 92-11-2*.
- Darses F. et Zaraté P. (Eds.) (1998) : *Actes de la Troisième Conférence Internationale sur le « Design of Cooperative Systems » COOP'98*, 26-29Mai, Cannes, France, Rapport INRIA, volumes I et II.
- Dedieu S. (2001) : *Algorithmes génétique multicritère : conception et remodelage d'atelier de chimie fine*. Thèse de doctorant, INP ENSIGC Toulouse, France.
- Delahaye J.P. (1995) : *L'altruisme récompensé ? Pour la science*, Paris.
- DeSanctis G. et Galuppe B. (1987) : A foundation for the study of group decision support systems. *Management Science*, volume 33, numéro 12, pp 1589-1609.
- De Terssac G. et Maggi B. (1996) : Autonomie et Conception. Dans de Terssac G. et Friedberg E. (Eds) *Coopération et Conception*. Octaves Edition, ISBN : 2-906769-33-9.
- Dillembourg P., Baker M. et Blaye M. (1996) : L'évolution de la recherche sur l'apprentissage collectif. Dans Spada E. et Reiman P. (Eds) *Learning in humans and Machine : Towards an interdisciplinary learning science*. Oxford, Elsevier, traduit par A. Midenet, pp 189-211.
- Easterbrook (1991) : *CSCW: Co-operation or Conflict*, Spring Verlag, New York.
- Ellis, C. et Kim, K. (1999) : A Framework and Taxonomy for Workflow Architecture. *Proceedings of the 1999 ACM Conference on Supporting Group Work - GROUP'99*, Phoenix, Arizona, Nov.
- Erschler J., Fontan G. et Mercé C. (1993) : Approche par Contraintes en planification et ordonnancement de la production. *RAIRO-APII*, volume 27, numéro 6, pp 669-695.
- Falzon P. (1991) : Distributed Decision Making : Cognitive Models for Cooperative Work. Dans Rasmussen J., Brehmer B. et Leplat J. (Eds) *Distributed Decision Making : Cognitive Models for Cooperative Work*, John Wiley & Sons Ltd, pp 177-184.
- Ferber J. (1995) : *Les Systèmes MultiAgents. Vers un intelligence collective*. Inter-Editions/Masson, Paris.
- Forgionne G., Mora M., Cervantes F. et Gerlman O. (2002) : I-DMSS : A Conceptual Architecture for the Next Generation of Decision Making Support Systems in the Internet Age. *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 154-165.
- Gachet A. et Huerlimann T. (2001) : Internet-Solver für LPL. University of Fribourg, *Working Paper 01-08*, Fribourg.

Synthèse des travaux

Gachet A. (2002) : A New Vision for Distributed Decision Support Systems. *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 343-352.

Garvin D.A. (1993) : Building a learning organization. *Harvard Business Review*, volume 71, numéro 4, pp 78-91.

Gleizes M.P. (2004) : *Vers la résolution de problèmes par émergence*. Habilitation à diriger des recherches de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, Décembre.

Goglin J.F. (2001) : *Construction du datawarehouse*. Hermès.

Gorry G. et Scott Morton M. (1971) : A framework for management information systems. *Sloan Management Review*, volume 13 numéro 1, pp 50-70.

Grundstein M. (2000) : From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management. Dans Morey D., Maybury M., Thuraingham B. (Eds) *Knowledge Management, Classic and Contemporary Works*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, chapitre 12, pp. 261-287.

Hatchuel A. (1996) : Coopération et Conception collective. Dans de Terssac G. et Friedberg E. (Eds) *Coopération et Conception*. Octaves Edition, ISBN : 2-906769-33-9.

Hétreux G., Zaraté P., Le Lann J.M. (2005) : Conception d'un atelier de modélisation pour la simulation dynamique hybride des procédés. *Récents Progrès en Génie des Procédés*, Numéro 92 - 2005, ISBN 2-910239-66-7, Ed. SFGP, 10^{ième} Congrès de la Société Française de Génie des Procédés **SFGP'05**, Toulouse, France, 20-22 Septembre.

Houé R., Zaraté P., Varquez J., Le Lann J.M. (2003) : Mise en oeuvre de la méthodologie Gameth pour la capitalisation des connaissances au sein d'une grande organisation. *5^{ième} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'03*, Québec, Canada, 26-29 Octobre.

Houé R. (2003) : *Retour d'expériences de l'introduction d'une méthode de capitalisation des connaissances dans une grande organisation*. Rapport de DEA Systèmes Industriels, INPT A7 GI, Septembre.

Houé R. (2002) : *Conception et mise en oeuvre d'une base de connaissances des retours d'expérience*. Rapport de DESS GSI, INPT A7, Septembre.

Huerlimann T. (1999) : *Mathematical Modelling and Optimization, An Essay for the Design of Computer-Based Modelling Tools*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Jimenez L., Urrutia A., Galindo J., Zaraté P. (2005) : Implementacion de una Base de Datos Relacional Difusa. Un caso en la Industria del Carton. *Revista Colombiana de Computacion*, à paraître.

Synthèse des travaux

- Jimenez Candia L. (2005) : *Gestion des connaissances imparfaites dans les organisations industrielles : Cas d'une industrie manufacturière en Amérique Latine*. Thèse de doctorat de l'INPT, Toulouse, Février.
- Keen P. et Scott Morton M. (1978) : *Decision Support Systems : an organizationnal perspective*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Khatab Ndiaye O. (2003) : *Comparaison de deux procédures d'aide à la décision multicritère pour la conception d'ateliers discontinus de chimie fine*. Rapport de DEA Génie des Procédés et de l'environnement.
- Jabeur K. et Martel J.M. (2005) : La décision de groupe : l'application de méthodes de surclassement de synthèse. *Bulletin du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la décision*, série 3, numéro 11, pp 1-5.
- Johnson D. et Johnson R. (1989) : *Cooperation and Competition : Theory and Research*. Interaction Book Company, Edina, MN
- Lahlou S. (2000) : Les attracteurs cognitifs et le syndrome du débordement. *Intellectica* 2000/1 n° 30 pp 75-115.
- Marakas G. (2003) : *Decision Support Systems In the 21st Century*. Second Edition, Prentice Hall.
- McGrath J. E. (1984) : *Groups - Interaction and Performance*. (1st Edition), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Martinez Godoy J.L. (2005) : *Développement d'un outil Web d'aide à la décision dans le cadre de l'éducation à distance*. Rapport du stage de Lic. Pro. Responsable TIC dans les PMOs.
- Mecheraoui S. (2003) : *Comparaison de deux méthodes d'aide à la décision multicritère pour la conception d'ateliers discontinus*. Rapport de DEA Systèmes Industriels.
- Menachof D. et Son B. (2003) : The truth about collaboration. *Chief Logistics officer-Penton Media*, pp 6-12.
- Millot P. (1987) : *Coopération homme-machine dans les tâches de supervision des procédés automatisés*. Thèse de doctorat de l'Université du Haut Cambresis, Valenciennes.
- Mintzberg H. (1979) : *The structuring of Organization*. Prentice Hall.
- Munoz M., Zaraté P., Soubie J.L. (2005) : Interaction adaptative pour systèmes coopératifs : raisonner sur les discordances. *Actes de la Conférence Francophone IHM'05*, Toulouse, France, 27-30 Septembre.

Synthèse des travaux

- Nonaka I. et Takeuchi H. (1997) : *The Knowledge-Creation Company*. Oxford Press
- Nunamaker J., Briggs R., Mittleman D., Vogel D. et Bakthzard D. (1997) : Lessons from a dozen years of group support systems research. *Journal of MIS*, volume 13, numéro 3, pp 163-207.
- Pavard B. (1994) : *Systèmes Coopératifs : de la modélisation à la conception*. Octares.
- Pibouleau L., Floquet P., Domenech S., Azzaro-Pantel C. (1999) : A survey of optimization tools through ESCAPE Symposia. *Conférence Internationale Escape 9, Budapest, (Hongrie) 31 Mai - 2 Juin, Comp. And Chem. Eng. Supplements*, pp. S495-S498
- Pomerol J.C. et Adam F. (2004) : Practical Decision Making – From the Legacy of Herbert Simon to Decision Support Systems. *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Meredith R., Shanks G., Arnott D., Carlsson S. (Eds), Prato, Italie, ISBN 0 7326 2269 , Prato, Italie, pp647-657, 1-3 Juillet.
- Ribeiro R., Rodriguez A. et Zaraté P. (Eds) (2003) : *Decision Support Systems : Current Research*. EJOR, volume 145, numéro 2, Mars, Elsevier.
- Rose B., Garza L., Lombard M., Lossent L. et Ris G. (2002) : Vers un référentiel commun pour les connaissances collaboratives dans l'activité de conception des produits. *Actes du 1^{er} Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel du GDR MACS*, pp 85-90.
- Rosenthal-Sabroux C. (1996) : *Contribution Méthodologique à la conception des Systèmes d'Information Coopératifs : Prise en compte de la coopération homme/machine*. Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université Paris Dauphine, France.
- Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1998) : A cooperative approach for Intelligent Decision Support Systems. *Actes de la Conférence Internationale HICSS'31*, Hawaï, USA, 6-9 Janvier.
- Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (Eds) (1997) : *AI tools for DSS*. EJOR, volume 103, numéro 2, Décembre, Elsevier.
- Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1995) : Cooperation typology for decision support. *Actes de la Conférence Internationale COOP'95*, Antibes, France, 25-27 Janvier, pp 254-265.
- Rosenthal-Sabroux C. et Zaraté P. (1994) : Une typologie pour une démarche coopérative. *Atelier Systèmes à Base de Connaissances Coopératifs, Congrès IA 94*, Paris, France, 31 Mai.
- Roy B. et Bouyssou D. (1993) : *Aide multicritère d'aide à la décision*. Economica, Paris.

Synthèse des travaux

- Roy B. (1985) : *Méthodologie MultiCritère d'Aide à la Décision*. Economica, Paris.
- Scott Morton M. (1971) : *Management decision systems, computer based support for decision making*. Harvard University, Boston, MA, USA.
- Schmidt K. (1991) : Cooperative Work : A Conceptual Framework. Dans Rasmussen J., Brehmer B. et Leplat J. (Eds) *Distributed Decision Making : Cognitive Models for Cooperative Work*, John Wiley & Sons Ltd, pp 75-110.
- Schmidt K. et Bannon L. (1992) : Taking CSCW Seriously : Supporting Articulation Work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, volume 1, numéro 1.
- Sebal S., Kromker M., Wurst S., Zabel J., Zaraté P. (1999) : Concept of the EPPMR/PCMSS module. *Journal of Decision Systems*, volume 8, numéro 1, pp 29-41.
- Sebal S., Alquier A.M., Zaraté P. (1997) : A tool for knowledge capitalisation. *ISAS and IEEE World multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, Caracas, Venezuela, Juillet.
- Senge P. (1990) : *The fifth discipline*. Double Day, New York.
- ShimJ.P., Warkentin M., Courtney J., Power D., Sharda R., Carlsson C. (2002) : Past, present, and future of decision support technology. *Decision Support Systems*, Elsevier, volume 33, pp 111-126.
- Simon H. (1977) : *The New science of management decision*. Prentice hall, Englewood-Cliffs.
- Smoliar S. et Sprague R. (2002) : Communication and Understanding for Decision Support. *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 107-119.
- Soubie J.L. (1998) : Modelling in Cooperative Knowledge Based Systems . *Actes de la Conférence Internationale COOP'98*, Cannes, France, INRIA, pp. 45-48, Mai.
- Soubie J.L. (1996) : *Coopération et Systèmes à base de connaissances*. Habilitation à diriger des recherches, Université Paul Sabatier, Toulouse, Novembre.
- Soubie J.L., Zaraté P. (2005) : Use of Cooperative Systems for Distributed Decision Making. *Group Decision and Negotiation Journal*, Springer Verlag, volume 14, numéro 2, pp 147-158, Mars.
- Soubie J.L., Zaraté P. (Eds) (2003) : *Systèmes d'Information Coopératifs*. RTSI-ISI, Lavoisier, volume 8 numéro 2.

Synthèse des travaux

- Soubie J.L., Zaraté P. (2003) : Use of Cooperative Systems for Distributed Decision Making. Dans Bui T., Sroka H., Stanek S. et Gotuchowski J. (Eds) *DSS in the Uncertainty of the Internet Age*, ISBN 83-7246-298-4, pp 179-390.
- Sperber D. et Wilson D. (1990) : *La Pertinence*. Odile Jacob, Paris.
- Sprague R. et Carlson E. (1982) : *Building Effective Decision Support Systems*. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.
- Tétard F. (2002) : *Managers, Fragmentation of Working Time, and Information Systems*. Thèse de doctorat de l'Université Abo Akademi, Turku, Finlande.
- Teulier-Bourgine R. et Zaraté P. (2001) : Vers une problématique de l'aide à la décision utilisant les connaissances. *Actes de la Conférence en Ingénierie des Connaissances IC'01*, Grenoble, France, pp 147-166.
- Teulier-Régine R. et Zaraté P. (Eds) (2000) : Numéro Spécial de travaux présentés lors de la conférence COOP'98. *Group Decision and Negotiation*, éditeur en chef M. Shakun, Kluwer, volume 9, numéro 3, Mai 2000.
- Thomassen M. et Lorenzen M. (2001) : The dynamic costs of coordination and specialization : Production activities and learning processes in the Danish construction and furniture industries. *DRUID Nelson and Winter Conference*, Aalborg, Danemark, 12-15 Juin.
- Viennet R. (1997) : *Nouvel outil de planification expérimentale pour l'optimisation multicritère des procédés*. Thèse de doctorant, INP Lorraine, France.
- Weiss G. (1999) : *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press. ISBN 0-262-23203-0.
- Zachary W. W., Roberston S. P. (1990) : Introduction. Dans Zachary W. W., Roberston S. P., Black J. B. *Cognition, Computing and Cooperation*. Ablex Publishing Corporation, Norwood.
- Zaraté P., Soubie J.L., Borges M., Pino J. (Eds.) (2005) : *Proceedings of the workshops n°5 : « Cooperative Systems » and n°10 : « Groupware and Context » of the 5th International and Interdisciplinary Conference on Modelling and Using Context*. Paris, France, Edition CEUR, volume 133, 5 Juillet.
- Zaraté P., Munoz M., Soubie J.L., Houé R. (2005) : Knowledge Management Systems : A Process Oriented View. *Cybernetics and Systems Analysis*, volume 41, numéro 2, pp 274-277, Mars.
- Zaraté P., Soubie J.L. et Bui T. (2005) : Experiment of a Group Multi-criteria Decision Support System for Distributed Decision Making processes. *Actes de la Conférence Internationale HICSS38*, Hawaii, USA, 3-6 Janvier.

Synthèse des travaux

Zarató P., Soubie J. L. (2004) : An overview of supports for Collective Decision Making. *Journal of Decision Systems*, volume 13, numéro 2, pp 211-221.

Zarató P. (Ed) (2003) : *DSS from Theory to Practice*. JDS, volume 12, numéros 3 et 4, Novembre, Hermès-Lavoisier.

Zarató P. (2002) : Collective Decision Making : Which supports for which situations ? *Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3*, Cork, Irlande, pp 96-106, 4-7 Juillet.

Zarató P. (Ed) (1999) : *DECIDE Esprit Project n°22298*. Journal of Decision Systems (JDS), volume 8, numéro 1, Novembre.

Zarató P. (1991) : *Conception et Mise en œuvre de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision : Application à l'élaboration des plannings de repos du personnel navigant*. Thèse de doctorat de l'Université Paris Dauphine, France.

ANNEXES

Annexe 1 : Comparaison de deux approches multicritères d'aide à la décision

Annexe 2 : Projet Siemens

Annexe 3 : Apprentissage à distance

ANNEXE 1 : Comparaison de deux approches d'aide la décision multicritères

Cette première annexe présente un résumé de mes activités visant à comparer deux approches d'aide à la décision multicritères. Cette comparaison des deux approches est appliquée à la conception d'atelier discontinu en Génie des Procédés et trouve tout sens dans une approche de Génie Industriel pour laquelle l'étude de la meilleure méthode d'aide à la décision est pertinente. Ces travaux se sont déroulés en collaboration avec C. Azzaro-Pantel du Laboratoire de Génie Chimique (LGC) département PSI.

1. Présentation du contexte et état de l'art

Les problèmes de conception d'ateliers de production discontinus en Génie des Procédés sont souvent abordés de manière empirique, entraînant généralement un suréquipement notoire. Aujourd'hui, la conception d'ateliers discontinus est une préoccupation réelle pour les spécialistes du domaine du génie des procédés en raison de leur importance industrielle. Il s'agit en pratique de déterminer le nombre et la capacité des équipements nécessaires pour chacune des opérations unitaires impliquées dans la synthèse des différents produits, afin de respecter un niveau de production imposé tout en optimisant un critère principalement technico-économique.

Ce problème est généralement identifié dans la littérature dédiée comme un problème à forte combinatoire, pour lequel les approches de résolution classiques de type programmation mathématique à variables entières ou mixtes, qui requièrent des propriétés mathématiques strictes (convexité, régularité), difficiles à établir sur des cas concrets, sont de plus en plus concurrencées par des méthodes stochastiques voir (Pibouleau (1999)). Ces dernières permettent d'aborder des problèmes à très forte combinatoire, mais souffrent toutefois d'un manque de conditions mathématiques garantissant la qualité des solutions obtenues.

Il convient également de constater que la quasi-totalité des études aborde le problème uniquement du point de vue monocritère, en mettant en jeu, dans la majorité des cas, un critère économique, plus particulièrement fondé sur le coût d'investissement. En fait, dans le contexte économique et législatif actuel, d'autres aspects, tels que la flexibilité, la limitation énergétique et la réduction des effluents doivent impérativement être pris en compte dès le stade de la conception des ateliers.

Les travaux présentés dans cette partie s'inscrivent dans ce cadre général. Plus particulièrement, nous traitons de la conception optimale d'un atelier **multi objectifs** en prenant en compte trois critères : un critère **économique** basé sur le coût d'investissement et deux critères liés à la **flexibilité** de l'atelier.

Le but de la conception optimale consiste à déterminer le nombre et les dimensions des équipements nécessaires pour chacune des opérations unitaires impliquées dans les procédés d'élaboration des différents produits en assurant un niveau de production fixé tout en optimisant un critère donné. Le problème a souvent été traité sous forme de programmation linéaire en variables entières ou mixtes, ou bien en programmation non linéaire en variables mixtes. L'intérêt était de trouver une structure d'atelier qui garantisse une solution optimale à ce genre d'ateliers. Mais ces approches déterministes ont souvent été abandonnées en raison des problèmes de taille, notamment pour les ateliers de type jop-shop, où elles deviennent inutilisables dans des horizons de temps raisonnables.

Parmi les méthodes stochastiques, les procédures de voisinage (recuit simulé, méthodes tabou, algorithmes génétiques) sont particulièrement intéressantes, compte tenu du peu d'hypothèses requises sur la fonction d'évaluation du problème plus particulièrement les algorithmes génétiques, que l'on se propose d'étudier, conduisent à l'obtention de plusieurs bonnes solutions du problème posé, ce qui semble un argument important pour le choix de cette méthode.

Deux stratégies d'aide à la décision multicritère sont proposées dans cette première partie. La première stratégie de résolution est basée sur une approche stochastique de type algorithme génétique couplée avec une procédure de Tri de Pareto afin de trier les solutions acceptables.

La seconde méthodologie d'aide à la décision multicritère utilise le même algorithme génétique, la différence réside dans l'utilisation d'une méthode d'analyse multicritère de type Electre afin de départager les solutions acceptables.

Choix d'un algorithme génétique

Le caractère fortement combinatoire, ainsi que le manque de connaissance des propriétés mathématiques (critères et contraintes non explicites, évalués par simulation) des problèmes de conception optimale ont orienté cette étude vers le choix d'un Algorithme Génétique (AG). Ainsi, pour chaque critère, une optimisation préliminaire est effectuée par l'intermédiaire d'un AG. Chaque solution ou chromosome, correspondant à une structure d'atelier possible, est évaluée par appel à un simulateur à événements discrets (AD-HOC) voir Baudet (1997) et Bernal Haro (1999) représentant l'enchaînement des opérations, l'occupation des ressources, la date d'achèvement de la campagne... Pour un critère i donné, au terme de l'exécution de l'AG, on obtient une population P_i de bons individus.

L'approche « AD-HOC » proposée consiste en un couplage entre :

1. Un **algorithme génétique** qui propose des différentes configurations pour les ateliers (notamment le nombre et les dimensions des équipements en parallèle pour chacune des opérations unitaires) ;
2. Un **Modèle de Simulation à Événements Discrets (MSED)** qui prend en compte des contraintes spécifiques aux ateliers de chimie fine. Son utilisation permet de tester la faisabilité technique de la solution proposée par l'algorithme génétique (assurer avec une architecture donnée de l'atelier le niveau de production souhaité). Le simulateur a été développé de manière à représenter de façon réaliste l'évolution dynamique du système de production des ateliers discontinus de type job-shop qui présentent des contraintes très complexes, telles que la grande diversité des produits et leurs voies d'élaboration, la présence d'intermédiaires réactionnels, l'utilisation de politiques de stockage

particulières (par exemple limitées en volume et éventuellement dans le temps pour des produits instables), la consommation d'utilités (eau, vapeur, électricité...), la limitation du taux de rejet de sous-produits polluants et la présence d'opérateurs (main d'œuvre).

Le modèle de simulation à événements discrets (**MSED**) présente un degré de détail important, pour une prise en compte efficace des contraintes précitées, des notions peuvent être souvent considérées comme le degré de polyvalence des opérateurs, les phases de nettoyage ou de maintenance ou la nécessité de recyclage de certains sous-produits, ont également été considérées lors du développement du modèle.

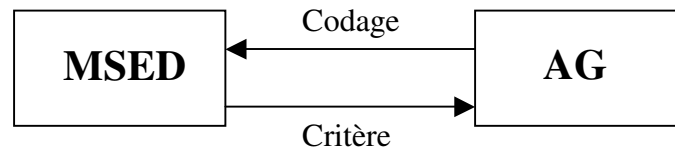


Figure 1 : Couplage Algorithme Génétique et Modèle de simulation

L'algorithme génétique est utilisé pour optimiser un **critère** donné et le modèle de simulation représente le fonctionnement dynamique de l'atelier, cette méthodologie est utilisée pour la conception d'ateliers de chimie fine. Nous rappelons les principes généraux de l'algorithme génétique choisi :

1. La mise en œuvre d'un algorithme génétique pour la conception préliminaire d'un atelier multi objectifs : Cette étape constitue le moteur de recherche des configurations d'ateliers et utilise le modèle de simulation en tant que sous-programme pour l'évaluation de la faisabilité des structures générées. Le principe de l'algorithme génétique choisi repose sur plusieurs procédures, dont deux sont directement liées au problème de conception: **le codage** et **l'évaluation** (les autres procédures, soit la génération de la population initiale, la sélection et la reproduction, tiennent compte évidemment du contexte, mais sont plus spécifiques au fonctionnement intrinsèque de l'optimiseur). La fonction d'évaluation doit permettre de calculer le critère associé à chaque

individu, c'est-à-dire le résultat de la conception correspondante. Dans notre cas d'étude, le simulateur est utilisé pour évaluer la « force » de chacun des individus testés et la pertinence de cette simulation dépend évidemment du réalisme des solutions obtenues pour la conception par rapport aux conditions réelles de fonctionnement de l'atelier Bernal Haro (1999). Précisons quelques caractéristiques de l'AG mis au point : dans le codage retenu, chaque chromosome représente un atelier unique. Chaque gène représente une opération unitaire composée de trois locus différents (trois tailles d'équipements possibles) et chaque locus fournit le nombre d'équipements de la taille considérée composant l'atelier. Notons que le nombre maximum d'équipements par opération unitaire est arbitrairement fixé à 10 (voir Dedieu (2001) pour plus de détails).

2. **Evolution «on-line» de la probabilité de mutation** : Un des problèmes majeur des algorithmes génétiques concerne le choix de ses paramètres de fonctionnement : probabilités de croisement, de mutation, taille de la population ... Dans ce cadre, une procédure permettant l'évolution de la probabilité de mutation au fil des générations, a été mise en oeuvre. Ainsi, chaque individu est codé de manière diploïde où la première partie du codage correspond à l'individu proprement dit, et la seconde à sa probabilité de mutation. Dans cette dernière partie du codage, chaque individu est affecté d'une probabilité de mutation propre, que l'on fait décroître au cours des générations. On obtient donc en fin de recherche une probabilité de mutation moyenne pour l'ensemble de la population. Cette approche permet de réaliser un grand brassage génétique au début de la recherche, par suite de fortes probabilités de mutation, qui sont généralement imposées. Par contre, en fin de recherche, les probabilités ayant fortement diminué, les bons individus sont conservés et permettent d'obtenir une population finale homogène constituée uniquement de très bons individus.

Optimisation multicritère

Une procédure de sélection permet ensuite de déterminer les solutions optimales au sens de Pareto dans la population totale P voir Viennet (1997), constituée des diverses populations générées selon chacun des critères considérés.

$$P = \sum_i P_i$$

Une solution est dite optimale au sens de Pareto (on dit également qu'elle appartient à la zone de Pareto), si elle est strictement meilleure que toutes les autres solutions sur au moins un des critères. Ainsi, à l'issue de cette phase de tri, la population P ne contiendra plus que des solutions optimales au sens de Pareto.

Sur un plan strictement terminologique, le terme optimisation multicritère est impropre dans la mesure où, dans la grande majorité des cas, on n'identifiera pas une solution meilleure que toutes les autres, mais un ensemble de bonnes solutions parmi lesquelles il faut choisir la mieux adaptée aux contraintes et objectifs de l'atelier. Dans ce contexte, il paraît plus judicieux d'utiliser le vocable d'aide à la décision multicritère.

La procédure de détermination de la zone de Pareto de P est la suivante :

1. On calcule la fonction d'évaluation selon chaque critère pour l'ensemble de la population.
2. Chaque point de P est considéré tour à tour comme référence.
3. Pour une référence donnée, tous les autres points de P sont comparés à la référence. Si un point est dominé par la référence (i.e. s'il est strictement plus faible (au sens de sa force) que la référence sur au moins un critère), alors on l'élimine de la population P .
4. Après avoir testé toutes les références possibles, la population restante, est constituée uniquement de points optimaux au sens de Pareto, délimitant ainsi la zone de Pareto.

Synthèse des travaux

Cette méthodologie d'aide à la décision multicritère en deux étapes présente deux avantages majeurs :

1. La première étape permet de générer un panel de bonnes solutions pour chaque critère pouvant être utilisé lors d'une analyse préliminaire du problème.
2. L'ensemble des solutions qualifiées d'optimales au sens de Pareto obtenu dans la seconde étape permet de sélectionner les solutions selon l'ensemble des critères.

Une alternative à cette approche en deux phases, consiste à mettre en œuvre un algorithme génétique multicritère où la procédure de tri de Pareto s'effectue directement au niveau de la phase de sélection (i.e. les individus sélectionnés sont les individus optimaux au sens de Pareto).

La figure 2 donne une représentation schématique de cette approche :

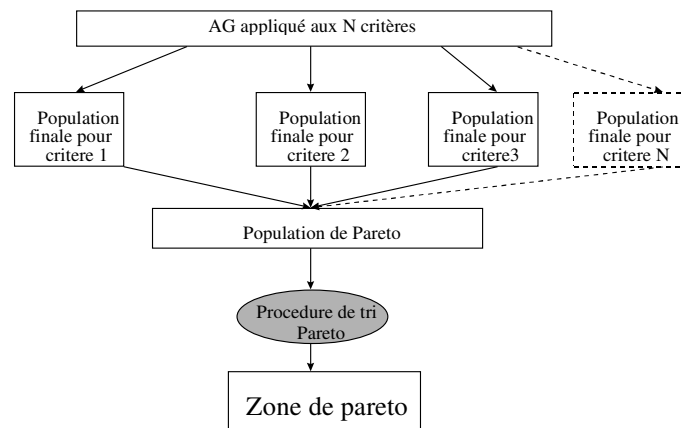


Figure 2 : Couplage AG monocritère Procédure de tri de Pareto

Cette approche présente deux avantages principaux mais également un inconvénient notable:

1. En premier lieu, le fait d'utiliser l'algorithme génétique pour chaque critère permet d'obtenir, en fin de traitement, une population de bons individus pour chacun de ces critères. Or dans le cadre d'un outil d'aide à la décision multicritère, il semble intéressant que l'utilisateur puisse avoir accès aux meilleurs individus pour chacun des critères considérés.

En effet, la pondération des critères, non introduite dans cette méthodologie, peut y être facilement mise en œuvre, dans la mesure où la connaissance du meilleur individu pour chaque critère peut guider l'utilisateur dans le choix des facteurs de pondération.

2. Le fait de disposer d'une population finale correspondant à l'agrégation de plusieurs populations permet d'effectuer le tri de Pareto sur une grande quantité d'individus, et d'obtenir ainsi une zone de Pareto significative.
3. L'inconvénient principal de cette méthode est directement lié aux deux avantages évoqués : en effet, le fait de devoir exécuter un algorithme génétique par critère, cumulé avec la procédure de tri de Pareto, sur l'ensemble des populations finales, entraîne un temps de calcul important, en particulier si la taille des populations est grande.

Description de la deuxième approche

La deuxième approche est composée aussi de deux étapes :

1. La première étape consiste à générer un ensemble de bonnes solutions pour chacun des trois critères par utilisation du même algorithme génétique.
2. L'ensemble des solutions obtenues lors de l'étape précédente est ensuite analysé grâce à une méthode d'analyse multicritère de type Electre.

Selon Roy (1985) quatre problématiques d'aide à la décision de référence sont définies : $P\alpha$; $P\beta$; $P\gamma$; $P\delta$.

Pour $P\alpha$ il s'agit d'éclairer la décision par le **choix** d'un sous ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action, ce sous ensemble contenant des « meilleures » actions (optimums) ou, à défaut, des actions « satisfaisantes » (satisfecums). Le résultat de cette problématique sera un choix ou une procédure de sélection.

Pour $P\beta$ on éclairera la décision par un **tri** résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie ; les catégories étant définies à priori en fonction de normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à

recevoir. Le résultat de cette problématique sera un tri ou une procédure d'affectation.

Pour $P\gamma$ il s'agit d'éclairer la décision par un **rangement** obtenu en regroupant tout ou partie (les « plus satisfaisantes ») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences du décideur. Il résultera de cette problématique un rangement ou une procédure de classement.

Pour $P\delta$ on éclairera la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences. De cette problématique résultera une description ou une procédure cognitive.

Le problème que nous cherchons à résoudre se situe dans la problématique $P\alpha$, c'est pourquoi nous avons utilisé le logiciel Electre III, de la famille des logiciels Electre I , II, III-IV développé pour ce type de problème. La méthodologie Electre est une méthode d'analyse multicritère acceptant l'incomparabilité.

La démarche d'utilisation de telles méthodologies et logiciels associés est la suivante :

1. définition d'une famille cohérente de critères : F. Dans notre cas cette étape est relativement aisée nous avons défini trois critères : coût et deux critères traitant de la flexibilité de l'atelier.
2. définition de l'ensemble des actions pour lesquelles un choix est nécessaire : A.
3. définition du tableau des performances.

Soit A l'ensemble des actions potentielles , le tableau des performances indique, pour chaque critère g_j d'une famille cohérente F, la performance $g_j(a)$ pour $a \in A$ ainsi que les éventuels seuils d'indifférence et de préférence associés à g_j .

4. Le système procède ensuite par comparaison par paires pour chacun des critères définis puis par comparaison par paires de manière inter-critères.

Ce logiciel repose sur un système relationnel des préférences (s.r.p.) défini de la manière suivante. Quatre relations sont introduites :

Synthèse des travaux

1. Indifférence : I : il y a ici équivalence entre deux actions pour le décideur,
2. Préférence stricte : P : l'utilisateur affirme une préférence significative en faveur de l'une des deux actions,
3. Préférence faible : Q : le décideur n'a pas de raisons claires permettant d'affirmer une préférence stricte ou une indifférence
4. Incomparabilité : R : il y a absence de raisons claires justifiant l'une des trois situations précédentes pour le décideur.

La difficulté dans cette approche consiste à déterminer les seuils d'indifférence et de préférence. Ce travail a été réalisé grâce à l'expertise des chercheurs du LGC en matière de conception d'atelier.

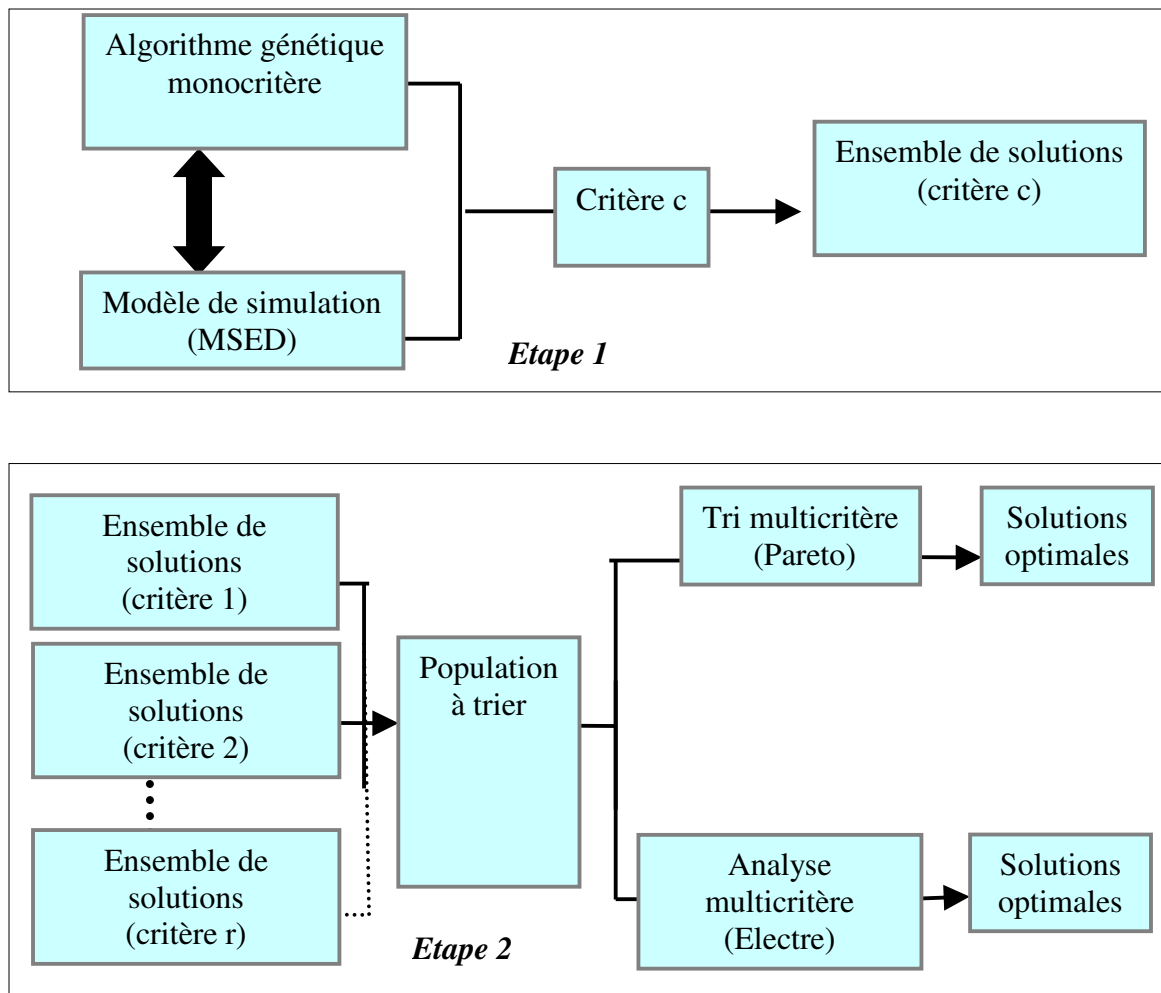


Figure 3 : Schéma général de la comparaison des deux approches

La figure 3 présente l'articulation générale de la comparaison des deux approches.

2. Contribution

La comparaison des deux approches a été validée sur un exemple de grande taille (7 produits finis à partir de 10 matières premières, 10 opérations unitaires), où trois critères ont été considérés : le coût d'investissement ainsi que deux critères liés à la flexibilité de l'atelier, le premier représentant le nombre d'équipements nécessaires à son fonctionnement et le second le nombre de campagnes nécessaires pour l'obtention d'un régime permanent. L'exemple présenté est inspiré d'un problème traité par Bernal-Haro (1999).

Pour cet exemple, le nombre de configurations d'ateliers possibles est égal à $3,5 \cdot 10^{24}$, ce qui justifie pleinement le recours à des algorithmes stochastiques tels que les algorithmes génétiques. En effet, l'utilisation d'algorithmes déterministes de programmation mathématique pour de tels exemples entraînerait des temps de calcul prohibitifs. Les principales données nécessaires au fonctionnement du simulateur et les paramètres de l'AG sont fournis dans le tableau 1.

Données du simulateur	Paramètres de l'AG
Horizon de temps	Taille de la population
Durée d'une campagne	Nombre de générations
Nombre de campagnes	Probabilité de croisement
Types d'équipement	Probabilité de mutation initiale
Nombre de produits finis	Nombre maximal de copies d'un individu

Tableau 1 : Données principales du simulateur et paramètres de l'algorithme génétique

Synthèse des travaux

Résultats de la première approche

L'utilisation d'un tel algorithme avant la matérialisation et l'exploitation en production permet donc non seulement une économie en coût d'investissement, mais aussi de prévoir en aval les éventuels problèmes pouvant survenir.

Les résultats obtenus montrent que l'approche permet d'atteindre des solutions satisfaisantes, en des temps de calcul raisonnables, ce qui est essentiel dans un environnement multicritère.

Les résultats obtenus avant le Tri de Pareto sont présentés sous forme de tableau.

1° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
1-1	9545884	40	5
1-2	10390540	40	9
1-3	10827407	42	10
1-4	10956312	44	11
1-5	11522842	42	9
1-6	12351483	45	5
1-7	12732121	44	5

2° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
2-1	72814514	27	6
2-2	9545884	40	11
2-3	9636421	41	10
2-4	10732413	42	9
2-5	11142309	40	12
2-6	11522842	42	7
2-7	11843192	44	5

3° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
3-1	5643025	23	7
3-2	7281451	27	6
3-3	9545884	40	5
3-4	9973141	41	7
3-5	10956312	44	11
3-6	11432713	40	10
3-7	11740273	44	5
3-8	12411371	45	5

4° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
4-1	5643025	23	7
4-2	7281451	27	6
4-3	9545884	40	5
4-4	10470337	40	9
4-5	11251226	41	9
4-5	11633935	43	9
4-6	11952074	44	5
4-7	13232126	45	5
4-8	13321235	45	5

5° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
5-1	5643025	23	7
5-2	10480631	41	10
5-3	10964221	43	10
5-4	12351483	45	5
5-5	12732121	44	5
5-6	13232126	45	5

6° LANCEMENT

N°	COUT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
6-1	5643025	23	7
6-2	7281451	27	6
6-3	9545884	40	5
6-4	9973141	41	7
6-5	10827407	42	10
6-6	11843192	44	5
6-7	12351483	45	5

Synthèse des travaux

7° LANCEMENT

N°	COÛT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
7-1	9636421	41	10
7-2	10732413	42	9
7-3	11142309	40	9
7-4	11633935	43	9
7-5	12732121	44	5
7-6	13321235	45	5

9° LANCEMENT

N°	COÛT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
9-1	10390540	40	9
9-2	10964221	43	10
9-3	11142309	40	9
9-4	11432713	40	10
9-5	11952074	44	5
9-6	13232126	45	5

8° LANCEMENT

N°	COÛT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
8-1	5643025	23	7
8-2	7281451	27	6
8-3	9545884	40	5
8-4	10390540	40	9
8-5	10827407	42	10
8-6	11522842	42	9
8-7	12351483	45	5

10° LANCEMENT

N°	COÛT	Nombre d'équipement	Nombre de campagne
10-1	5643025	23	7
10-2	7281451	27	6
10-3	9545884	40	5
10-4	9973141	41	7
10-5	10732413	42	9
10-6	11142309	40	9
10-7	11432713	40	10
10-8	11952074	44	5

Après application du Tri de Pareto, les meilleures solutions retenues sont les suivantes :

Solutions	Critère Coût	Critère Nombre d'équipement de l'atelier	Critère Nombre de campagnes
3-1 ; 4-1 ; 5-1 ; 6-1 ; 8-1 ; 10-1	5643025	23	7
2-1 ; 3-2 ; 4-2 ; 6-2 ; 8-2 ; 10-2	7281451	27	6
1-1 ; 3-3 ; 4-3 ; 6-3 ; 10-3	9545884	40	5

Tableau 2 : Résultats de la première approche

Résultats de la deuxième approche

Un certain nombre de paramètres doivent être fixés afin d'appliquer la méthodologie Electre. Les critères utilisés sont le coût de la solution obtenue, le nombre d'équipement de l'atelier ainsi que le nombre de campagne. Le poids de chacun des critères doit être défini ainsi que l'échelle de valeur du critère. Deux seuils d'indifférence, indiquant la plage de valeurs pour laquelle le décideur est indifférent entre deux actions, doivent être fixés. Il en est de même pour les deux seuils de préférence, indiquant une plage de valeurs pour chacun des critères pour laquelle le décideur a une préférence pour une action plutôt que pour une autre. La méthode Electre est appliquée sur les résultats obtenus avant le Tri de Pareto.

Synthèse des travaux

Critères	Poids du critère Pc	Seuil d'indifférence α, β	Seuil de préférence α, β
Coût (en francs)	0.25	0.1-1638	0.1-1639
Nombre d'équipement de l'atelier	0.25	0.1-7	0.1-8
Nombre de campagnes	0.5	0.1-8	0.1-2

Compte tenu des doublons parmi les solutions trouvés après génération par l'algorithme génétique, la matrice des performances utilisées pour Electre III est la suivante :

Nom Solution	Solutions	Critère Coût (*10 ³)	Critère Nombre d'équipement de	Critère Nombre de campagnes
A1	3-1 ; 4-1 ; 5-1 ; 6-1 ; 8-1 ; 10-1	5643	23	7
A2	2-1 ; 3-2 ; 4-2 ; 6-2 ; 8-2 ; 10-2	7281	27	6
A3	1-1 ; 3-3 ; 4-3 ; 6-3 ; 10-3	9545	40	5
A4	2-3 ; 7-1	9636	41	10
A5	3-4 ; 6-4 ; 10-4	9973	41	7
A6	1-2 ; 8-4 ; 9-1	10390	40	9
A7	4-4	10470	40	9
A8	5-2	10480	41	10
A9	2-4 ; 7-2 ; 10-5	10732	42	9
A10	1-3 ; 6-5 ; 8-5	10827	42	10
A11	1-4 ; 3-5	10956	44	11
A12	5-3	10964	43	10
A13	7-3 ; 9-3 ; 10-6	11142	40	9
A14	4-5	11251	41	9
A15	3-6 ; 10-7	11432	40	10
A16	1-5 ; 8-6	11522	42	9
A17	4-5 ; 7-4	11633	43	9
A18	3-7	11740	44	5
A19	2-7 ; 6-6	11843	44	5
A20	4-6 ; 9-5 ; 10-8	11952	44	5
A21	1-6 ; 5-4 ; 6-7 ; 8-7	12351	45	5
A22	3-8	12411	45	5
A23	1-7 ; 5-5 ; 7-5	12732	44	5
A24	4-7 ; 5-6 ; 9-6	13232	45	5
A25	4-8 ; 7-6	13321	45	5

Tableau 3 : Résultats de la deuxième approche

Après génération du meilleur compromis par Electre III sur les trois critères de manière parallèle et non en séquence, les solutions les meilleures sont les suivantes :

Synthèse des travaux

A1, A2 sont préférées à A3 et A13

A3 et A13 sont préférées à A18, A19, A20, A21, A22

A18, A19, A20, A21, A22 sont préférées à A23, A24, A25

A23, A24, A25 sont préférées à A5

A5 est préférée à A4

A4 est préférée à A6, A7, A9, A14, A16, A17

A6, A7, A9, A14, A16, A17 sont préférées à A8, A10, A11, A12, A15.

On retrouve donc une stabilité au niveau des trois meilleures solutions. En revanche, pour les autres solutions on peut constater quelques différences.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du DEA Génie des Procédés de L. Atmaniou et a fait l'objet de publications et notamment dans la conférence internationale PSE'2003 en collaboration avec C. Azzaro-Pantel.

3. Conclusion

Afin de valider les résultats cette comparaison des deux approches est validée sur deux exemples où les mêmes **trois critères** ont été considérés deux à deux : le **coût d'investissement** ainsi que deux critères liés à la flexibilité de l'atelier, le premier représentant le **nombre d'équipements** nécessaire à son fonctionnement et le second le **nombre de campagnes** nécessaires pour l'obtention du régime permanent.

Le premier exemple est un exemple de petite taille et le deuxième est un exemple de grande taille précédemment décrit.

De plus, une autre analyse bi-critère deux à deux :

1. coût d'investissement et nombre de campagnes
2. coût d'investissement ; nombre d'équipements

est effectuée à l'aide des mêmes procédures d'optimisation (**Pareto ; Electre**) et ceci, appliqué aux deux exemples (petit ; grand) séparément. Dix lancements sont effectués afin d'avoir plus de précision sur la solution optimale.

Synthèse des travaux

Ce travail de validation sur trois critères pris deux à deux a été réalisé dans le cadre d'un stage de DEA en Systèmes Industriels de S. Mecheraoui et d'un stage de DEA en Génie des Procédés de Omar Ben Khatab Ndiaye.

En conclusion de cette annexe, un certain nombre de points peuvent être soulignés :

- Les résultats obtenus montrent bien l'efficacité de l'algorithme génétique (en tant que méthode d'optimisation heuristique) pour augmenter de façon significative les performances de production et trouver des solutions optimales considérées comme les meilleurs compromis en un temps d'exécution raisonnable ;
- D'un point de vue pratique, la procédure d'optimisation s'est montrée particulièrement efficace pour résoudre des problèmes de grande taille, le modèle a permis de trouver un ensemble de très bonnes solutions, nettement plus performantes que celles issues d'un échantillonnage aléatoire classique ;
- Les résultats obtenus par les deux méthodes d'aide à la décision multicritère pour la conception d'atelier discontinu sont comparables.

Toutefois nous pouvons dégager une des limites à ce travail liée au dernier point. Les résultats sont comparables dans les deux procédures d'aide à la décision mais un biais a certainement été introduit dans la comparaison des deux procédures. En effet, dans la méthode Electre des seuils d'indifférence et de préférence sont introduits ; ces seuils ont été trouvés grâce à la connaissance qu'avaient acquise les chercheurs sur la conception d'atelier. Il faudrait aussi afin de valider totalement cette étude faire varier les seuils d'indifférence et de préférence entre deux bornes.

A l'issue de ce travail, un certain nombre de perspectives se dégagent :

- Tout d'abord, la procédure pourrait être appliquée à la résolution d'autres exemples de tailles différentes ;

Synthèse des travaux

- Afin de poursuivre la comparaison des deux approches d'aide à la décision multi-critères, il serait intéressant de faire varier le poids des critères afin de vérifier la stabilité des solutions trouvées ;
- Il conviendrait également d'étudier la robustesse des solutions trouvées par les deux méthodes d'aide à la décision, en ajoutant d'autres critères et en faisant varier leur poids ;
- Afin de tenir compte de toutes les normes de qualité, hygiène et sécurité incontournables dans la conception d'ateliers discontinus de chimie fine, un autre axe d'étude est aussi envisagé, intégrant un critère environnemental.

Références contributions

Atmaniou L., Dietz A., Azzaro-Pantel C., Zaraté P., Pibouleau L., Domenech S., Le Lann J.M. (2003) : A Multi-objective Genetic Algorithm optimisation framework for batch plant design. *Actes de la Conférence Internationale 8th International Symposium on Process Systems Engineering PSE*, Kuming, Chine, 22-27 Juin.

Atmaniou L., Dietz A., Azzaro-Pantel C., Zaraté P., Domenech S., Le Lann J.M., Pibouleau L. (2003) : Comparaison de deux procédures d'aide à la décision multicritère pour la conception d'ateliers discontinus de chimie fine. *Actes de la conférence francophone 5^{ème} Congrès Francophone de Génie Industriel GI'03*, Québec, Canada, 26-29 Octobre.

ANNEXE 2 : Projet Siemens

Cette deuxième annexe présente en détail les développements de prototypes réalisés dans le cadre du projet Siemens. Ce projet s'est déroulé dans une approche de Génie Industriel pour laquelle un aller / retour entre le monde industriel et le monde de la recherche est indispensable.

Le projet dans sa globalité a fait l'objet de plusieurs publications et notamment dans la conférence francophone de Génie Industriel GI'2003 voir Houé et al (2003) et a fait l'objet d'un stage de DESS en Génie des Systèmes Industriels et d'un stage de DEA en Systèmes Industriels de Raymond Houé.

Un premier outil développé, baptisé **COOL** (Crucial Knowledge Overview On Line) a été réalisé selon un cycle de développement en V. La maquette est accessible en réseau Intranet de l'entreprise et est développée sous MySQL à partir de Php. Les données sont centralisées au niveau d'un serveur de Base de Données.

L'utilisateur est tout d'abord appelé à s'identifier avant d'accéder à l'espace COOL, réservé aux I.Q.P (Ingénieurs Qualité Projet), principaux utilisateurs de la maquette COOL, ou tout autre utilisateur ayant au préalable obtenu des droits d'accès (login et password) attribués par l'administrateur principal.

Les différentes rubriques proposées sont les suivantes :

1. My Profile

Cette rubrique doit permettre à un utilisateur d'avoir une vue «privée» sur son espace de travail concernant la capitalisation des connaissances, avec des possibilités de visualisation et de modification (selon son profil) : Il peut ainsi visualiser ses propres «Notes» sur les connaissances capitalisées, et son profil (c'est-à-dire login, password et type d'utilisateur). Il a également la possibilité de changer son password, d'administrer les «News» s'il en a les droits (c'est-à-dire purger les anciennes «News», ajouter de nouvelles «News»).

2. Overview Notes

C'est l'espace de *visualisation* des «Notes» sur la capitalisation des retours d'expérience et d'accès à l'espace d'*administration* de ces «Notes» (pour l'utilisateur qui en a les droits).

3. Set New Knowledge

C'est la rubrique phare de l'outil, c'est-à-dire celle qui permet de saisir une «Note» portant sur une nouvelle connaissance à capitaliser.

Les différents champs de saisie qu'elle comporte caractérisent les trois étapes de la démarche de capitalisation des connaissances préconisé par la méthodologie Gameth et utilisée ici :

- a. La première, "**Characterising problem** ", permet de typer le problème constaté à partir :

Du type d'activité concerné par le problème constaté : "activity". L'utilisateur choisit le type d'activité dans une liste prédéfinie (conception, développement, production) ou le saisit lui-même dans le champ prévu à cet effet.

Du type de problème constaté : "failure type". L'utilisateur décrit (dans un champ de saisie) le type de problème constaté.

Du type de produit concerné par le problème constaté : "product type". L'utilisateur choisit le type de produit dans une liste prédéfinie ou le saisit lui-même dans le champ prévu à cet effet.

- b. La deuxième, "**Analysing problem**", permet d'analyser le problème constaté à partir de la description :

Du problème constaté : "failure description". L'utilisateur décrit succinctement (dans un champ de saisie) le problème constaté.

Des causes constatées : "root causes". L'utilisateur décrit (dans un champ de saisie) les causes du problème telles qu'elles ont été analysées en atelier.

Du retour d'expérience client : "customer effects". L'utilisateur décrit (dans un champ de saisie) les conséquences du problème constaté, telles qu'elles ont été décrites par le client.

Synthèse des travaux

Des actions correctives engagées : "corrective actions". L'utilisateur décrit (dans un champ de saisie) les actions correctives entreprises par SIEMENS en vue de la satisfaction de la résolution du problème constaté.

- c. La troisième enfin, "**Capitalising knowledge**", permet de capitaliser une connaissance, par rapport à un problème analysé par la procédure ci-dessus, et ce à partir :

De la saisie d'une nouvelle connaissance : "knowledge capitalised". L'utilisateur précise la connaissance qu'il juge nécessaire à la résolution du problème constaté.

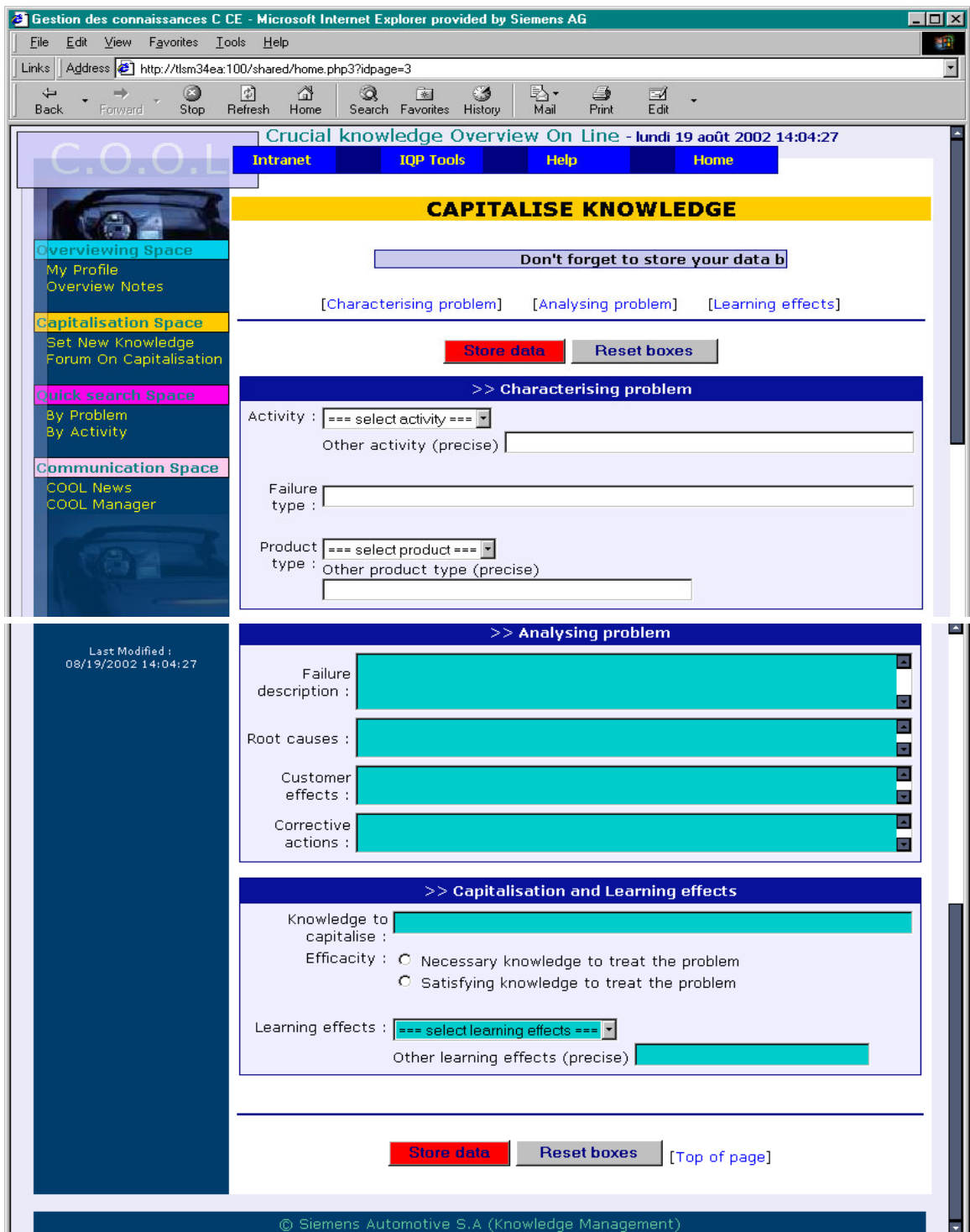
De la détermination du niveau d'efficacité de cette connaissance : "efficacy". L'utilisateur donne une appréciation du degré d'efficacité de la connaissance capitalisée, autrement dit, son niveau d'impact sur la résolution du problème constaté.

Pour cela, il doit cocher l'une des deux possibilités prédéfinies, à savoir "necessary knowledge to treat the problem" et "satisfying knowledge to treat the problem.

Des enseignements tirés de la résolution du problème constaté : "learning effects" : L'utilisateur indique les enseignements qui ont découlé de l'analyse puis de la résolution du problème constaté. Il peut soit choisir cet enseignement dans la liste prédéfinie ou le saisir lui-même dans le champ prévu à cet effet. Ce premier développement

Cette maquette a été mise entre les mains des utilisateurs (Ingénieurs Qualité Produit) après plusieurs formations à l'outil. Par ailleurs ils ont été très impliqués dans le processus de conception de cette maquette par du prototypage rapide. La maquette a été utilisée sur une période de six mois.

Synthèse des travaux



tel-00274718, version 1 - 21 Apr 2008

Figure 1 : Un écran de la maquette COOL

Synthèse des travaux

La deuxième grande partie de ce projet a tout d'abord démarré par une enquête concernant l'utilisation de cet outil. Une des premières remarques de cette enquête a montré que l'outil COOL était trop restreint aux utilisateurs du service Qualité : les IQP. Il a donc été décidé d'ouvrir l'outil plus largement. Par ailleurs il est intéressant de noter que suite à cette enquête, deux types de documents contenant des informations sources de connaissances ont été adoptés :

1. une brève caractérisée par son auteur, un titre, un texte renfermant des informations d'ordre général ou des alertes, un statut qui indique sa pérennité. Une brève consiste à décrire une connaissance pas forcément considérée comme cruciale ;
2. une fiche de retours d'expérience est caractérisée par trois types d'informations :
3. une caractérisation du problème :
 - a. type de la panne,
 - b. type du produit,
 - c. mode de détection,
4. emplacement du produit,
5. une analyse du problème :
 - a. description de la panne,
 - b. quelles sont les causes à la racine,
 - c. quels sont les effets sur le produit client,
 - d. quelles sont les actions correctives,
6. une capitalisation de l'expérience :
 - a. quelle est l'expérience à capitaliser,
 - b. quelles sont les leçons à tirer.

La solution retenue pour capitaliser les retours d'expériences qualité se décline en un site Intranet, basé sur un SGBD Oracle, dont le contenu est généré dynamiquement grâce au langage Php. Ce site dispose de quatre modules :

Synthèse des travaux

Un module public : permet à tout salarié (non membre de la communauté Qualité) et à tout partenaire de l'entreprise (client, fournisseur), via une authentification commune :

1. de visualiser et imprimer toute fiche de connaissances du système,
2. de convertir une fiche de connaissances au format PDF,
3. de visualiser les forums.

Un module membre : tout membre a au minimum, les mêmes droits qu'un utilisateur public. Ce module lui permet en outre, via une authentification personnelle :

1. d'accéder à son espace personnel (sécurisé),
2. d'ajouter une connaissance dans le système,
3. de supprimer et modifier les connaissances dont il est l'auteur,
4. de participer aux forums.

Un module animateur (expert) : un animateur, autrement dit l'expert pour une période donnée, a les mêmes droits qu'un membre. Il est considéré comme l'interface entre les acteurs du système et l'administrateur de l'outil. Ce module lui permet de plus :

1. de gérer le système : validation des connaissances, modification et purge des brèves (voir ci-après),
2. de publier les recommandations du chef de service,
3. de publier les informations relatives aux modifications apportées par l'administrateur,
4. de communiquer une synthèse de sa période au chef de service.

Un module administrateur : il dispose de tous les droits. Ce module lui permet en outre, via une authentification personnelle :

1. de gérer les accès au site,
2. de communiquer les modifications à l'animateur.

Synthèse des travaux

De plus, le système RECAP dispose de liens externes permettant d'accéder aux autres outils utilisés par les acteurs du système. Ceci permet une intégration de cet outil de capitalisation des connaissances au Système d'Information de l'entreprise.

Pour des raisons de confidentialité, nous ne pouvons montrer de copies d'écrans de la maquette réalisée car elle est toujours en utilisation chez Siemens.

ANNEXE 3 : Apprentissage à Distance

La première étape de ce projet a fait l'objet d'un encadrement de stage à l'IRIT, de la formation Master 1 Professionnalisé Responsable des technologies de l'information et de la communication dans les PMO de l'Université de Toulouse 1, de J. Martinez Godoy.

Lors de son stage J. Martinez Godoy a eu pour mission de développer le prototype basé sur une architecture client/serveur du projet d'apprentissage à distance. Pour le développement de cet outil trois interfaces graphiques sont considérées :

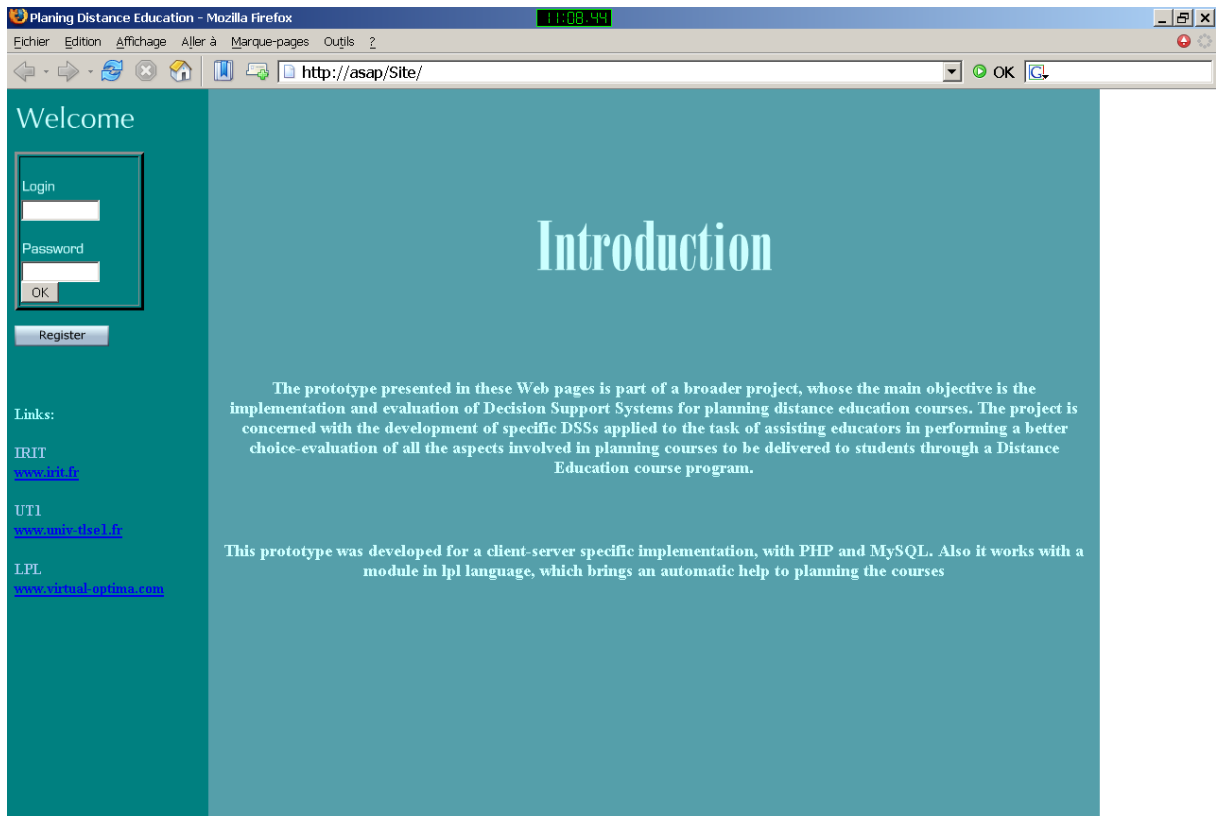
- Page d'accueil des professeurs.
- Page d'accueil des étudiants.
- Page d'accueil du site.

Page d'accueil du site.

Cette page est divisée verticalement en deux cadres, dans le cadre droit une présentation générale du projet, dans le cadre gauche un formulaire de connexion des utilisateurs. Cette page permet aussi l'inscription d'un nouvel utilisateur. Des liens vers les institutions IRIT et UT1 sont mis en place ainsi qu'un dernier vers le site du programme LPL.

Synthèse des travaux

Vue de la page dans mozilla firefox.



Page d'accueil des étudiants.

Cette page apparaît après q'un des utilisateurs du type étudiant ait initialisé une session. La page est divisée verticalement en deux cadres. Tous les liens se trouvent sur le cadre gauche afin d'offrir plus de convivialité aux utilisateurs, les pages des liens s'affichent sur le cadre droit.

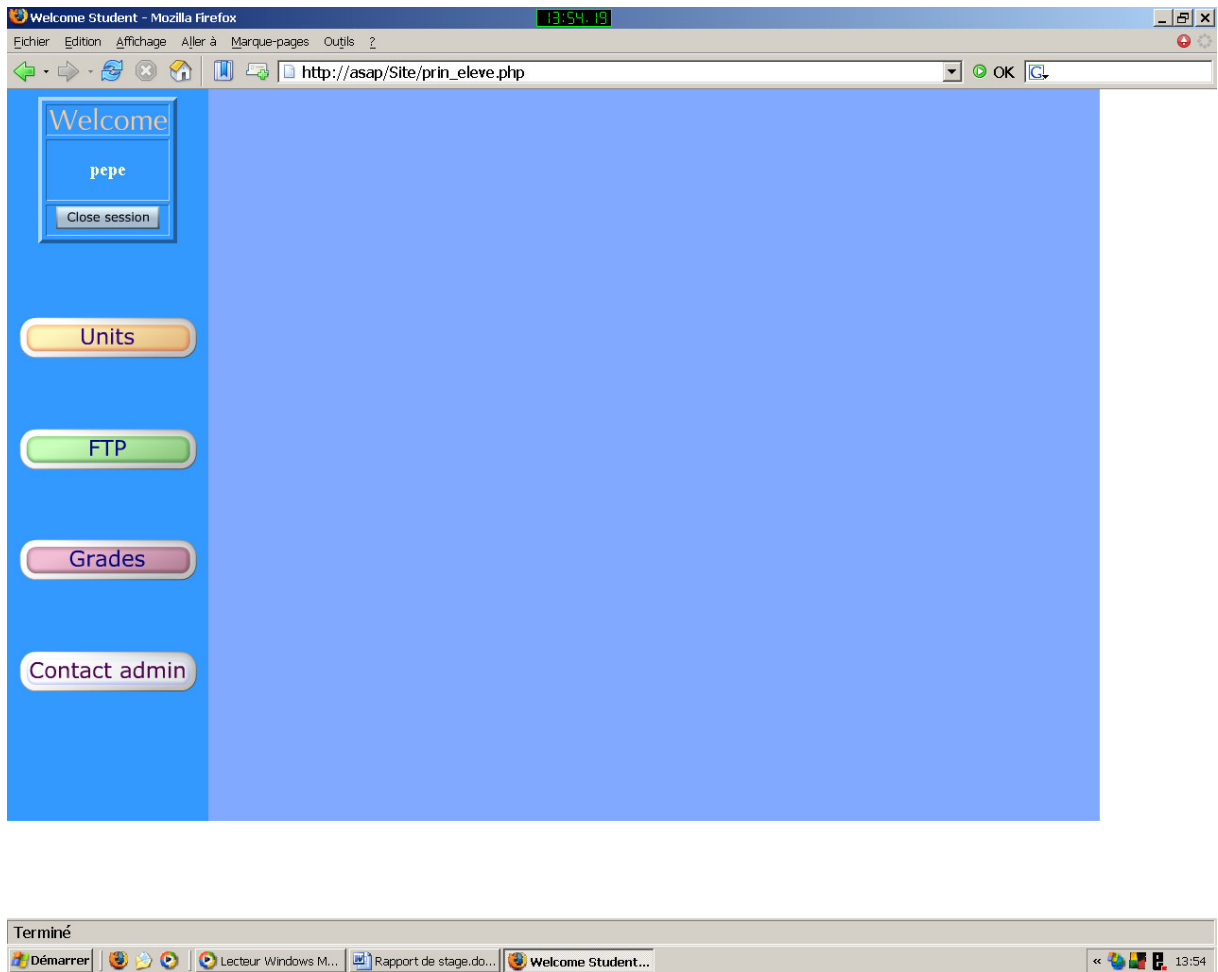
Liens :

- Units (Unités) : montre la définition des différentes matières en unités de cours, travaux dirigés, travaux pratiques.
- Serveur FTP : permet aux étudiants tout dépôt de fichiers exercices résolus etc...
- Grades (Notes) : permet aux étudiants de visualiser leurs notes obtenus pour chaque exercice résolu.

Synthèse des travaux

- Contact Admin : permet de contacter l'administrateur du site.

Vue de la page dans mozilla firefox.



Page d'accueil des professeurs.

Cette page est exclusivement utilisée par les professeurs des cours. Cette page est aussi divisée verticalement en deux cadres. Tous les liens se trouvent sur le cadre gauche afin de rendre la manipulation des tâches plus confortable, les pages des liens s'affichent sur le cadre droit.

Liens :

- Preferences : permet aux professeurs de saisir leurs préférences ainsi que leurs disponibilités pour les différentes matières.

Synthèse des travaux

- Timetable (Emploi du temps) : montre l'emploi du temps des professeurs défini par le programme LPL qui tient compte des préférences et disponibilités des professeurs.
- Serveur FTP : permet aux professeurs de déposer toutes sortes de fichiers exercices à résoudre, cours etc...
- Grades (Notes) : permet aux professeurs d'affecter des notes aux exercices résolus par des étudiants.
- Contact Admin : permet aux professeurs de contacter l'administrateur du site.

Vue de la page dans mozilla firefox.

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window with the address bar displaying `http://asap/Site/prin_prof.php`. The page content includes a sidebar with navigation buttons: 'Welcome', '1 uga', 'Close session', 'Preferences', 'Timetable', 'Ftp', 'Grades', and 'Contact admin'. The main content area features the heading 'Cours' and the text 'These are the available courses'. Below this is a table with the following data:

Cours	NIVEAU	DATE DEBUT	DATE FIN
Data base management course	BAC+3	2005-07-25	2006-04-24

The screenshot shows a Windows taskbar with the status 'Terminé'. The taskbar includes several open applications: 'Démarrer', 'Lecteur Windows M...', 'Rapport de stage.do...', and 'Welcome profess...'. The system tray on the right shows the time as 14:10.

Synthèse des travaux

Tous les designs graphiques des pages ont été réalisés sous le système Macromedia Dreamweaver MX 2004.

Le développement des pages web s'est fait des langages de programmation suivants :

- HTML
- PHP
- Java-script

La base de données est réalisée sous le Système Gestionnaire de Base de Données MySQL.