

**Université de Droit, d'Economie et des Sciences
d'Aix-Marseille
Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme**

DOSSIER DE TRAVAUX

présenté par

Bernard ESPINASSE

Pour obtenir une

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

**CONTRIBUTION A
L'INGENIERIE DES SYSTEMES D'INFORMATION
INTELLIGENTS, DISTRIBUES ET COOPERATIFS**

Soutenance le 29 mai 1995

Devant la Commission d'Examen :

M. Jean-Claude BERTRAND

M. Eugène CHOURAQUI

M. Jacques KOULOUMDJIAN

M. Daniel PASCOT

M. Jean-Charles POMEROL

M. Madan SINGH

Rapporteur

Rapporteur

Rapporteur

Remerciements

Une trajectoire de recherche est à la fois démarche autonome et processus d'évolution et de coévolution au sein de communautés de recherche.

Aussi, j'aimerais tout d'abord, mentionner le GRASCE-CNRS, qui a été le premier laboratoire de recherche à m'accueillir, et remercier particulièrement le Professeur Jean-Louis Le Moigne, de m'avoir, avec passion, initié à la recherche.

Ensuite, je ne saurais oublier l'environnement sympathique, tous mes collègues du Département SIO de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL. Aussi, je suis très heureux que le Professeur Daniel Pascot ait accepté de participer à ce jury et je l'en remercie vivement.

Enfin, je dois beaucoup au DIAM-IUSPIM, communauté de recherche dont je fais actuellement partie. Elle m'a permis de préparer et finaliser ce travail dans une ambiance stimulante, merci à tous mes collègues, chercheurs ou administratifs, pour leur soutien. Je remercie plus particulièrement le Professeur Eugène Chouraqui, de m'avoir constamment et chaleureusement encouragé et judicieusement conseillé dans mon entreprise. Merci aussi au Professeur Jean-Claude Bertrand de son soutien bienveillant et sa participation à ce jury.

Ma recherche s'est également développée au sein de communautés plus vastes, notamment celle des chercheurs en Systèmes d'Information et celle des chercheurs en Intelligence Artificielle et Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision. Aussi, je remercie très sincèrement les Professeurs Jacques Kouloumdjian du LISI-INSA de Lyon et Jean-Charles Pomerol du LAFORIA-Paris IV, d'avoir bien voulu s'intéresser avec attention à mes travaux en acceptant d'en être rapporteurs. Je remercie aussi le Professeur Madan Singh de l'Université de Manchester, d'avoir accepté de participer à ce jury, permettant ainsi de donner à ces communautés une dimension européenne.

Durant ces quinze années pendant lesquelles mes recherches se sont développées, de nombreuses rencontres, souvent complices, m'ont permis d'évoluer. Je pense à Marc Bergman, Paul Bourguine, Jacques Granier, Maurice Landry, Jean-Louis Laurière, Dominique Nanci, Hubert Tardieu ... et bien d'autres. Que tous soient assurés de ma profonde gratitude.

Enfin, les recherches souvent passionnées d'un chercheur ne sont pas toujours faciles à vivre par son environnement familial, aussi mes pensées vont également à ma compagne Sabine pour sa compréhension et son grand soutien.

Marseille, avril 1995

Bernard ESPINASSE

Table des matières

I.- CURRICULUM VITAE 1

1. Situation actuelle	1
2. Formation	1
3. Expérience professionnelle	1
4. Thématiques de recherche	3
5. Rayonnement scientifique	3
6. Relations conviviales	4
7. Langues	5

II.- ACTIVITE DE RECHERCHE 6

1. THEMATIQUE GENERALE DE NOS RECHERCHES	6
2. TRAVAUX DE RECHERCHE JUSQU'A 1990	7
2.1. Cadre des travaux	7
2.2. Ingénierie des systèmes d'information	8
2.2.1. Introduction	8
2.2.2. Recherche liée à la naissance de la méthode Merise	8
2.2.2.1. Modélisation de la dynamique dans un système d'information.....	8
2.2.2.2. Niveaux de modèle et formalisme pour la dynamique dans les SI	10
2.2.2.3. SI intelligents et intelligence organisationnelle.....	11
2.2.3. Extension de Merise à l'Échange de Données Informatisé (EDI).....	12
2.2.3.1. Problématique et enjeux de l'EDI.....	12
2.2.3.2. Modélisation du Système d'Information d'Échange Communautaire	13
2.2.3.3. Les modèles proposés.....	14
2.2.4. Conclusion	15
2.3. Ingénierie des SIAD orientés connaissance	16
2.3.1. Introduction	16
2.3.2. Un prototype de système expert en assurance-vie : EXVIE	17
2.3.2.1 Contexte des travaux	17
2.3.2.2. Acquisition et représentation des connaissances	18
2.3.2.3. Le prototype Exvie	20
2.3.3. Un environnement de développement de SBCs en management	21
2.3.3.1. Le moteur Snarx	21
2.3.3.2. Un couplage fort entre Snarx et un SGBD Relationnel.....	21
2.3.4. Une approche constructiviste de la cognition de la décision	23

2.3.4.1. Pour un nouveau paradigme de la décision	23
2.3.4.2. Un modèle cognitif constructiviste de la décision.....	25
2.3.4.3. Intelligence artificielle et processus cognitifs	27
2.3.4.4. Connexionnisme et processus cognitifs	28
2.3.5. Le projet Cogita	29
2.3.5.1. Niveaux d'assistance aux processus cognitifs en formulation de problème	29
2.3.5.2. Nature symbolique ou associative des processus cognitifs en formulation	30
2.3.5.3. Architecture générale de Cogita : hybridation symbolico-connexionniste	30
2.3.5.4. Dynamique de l'hybridation symbolico-connexionniste dans Cogita	32
2.3.6. Conclusion	33
3. TRAVAUX DE RECHERCHE DE 1990 A 1994	35
3.1. Problématique générale	35
3.2. Ingénierie des systèmes d'information orientée objet.....	36
3.2.1. Introduction	36
3.2.2. Extensions des modèles et formalismes de Merise	36
3.2.2.1. Problématique du Modèle Organisationnel de Données	37
3.2.2.2. Extensions du formalisme Entité-Relation.....	37
3.2.2.3. Spécification de contraintes d'intégrité sémantiques en E-R	39
3.2.3. Évolution de la méthode Merise vers l'objet : Projet MERISE+	41
3.2.3.1. Problématique.....	41
3.2.3.2. Modèles, formalismes et démarche proposés dans Merise+	41
3.2.4. SI centrés savoir-faire : Projet BRITE-EURAM 4390	44
3.2.4.1. Problématique.....	44
3.2.4.2. La banque des savoir-faire	45
3.2.4.2. Système d'aide à la gestion de production.....	46
3.2.5. Conclusion	47
3.3. Ingénierie des SIAD multi-agents	49
3.3.1. Introduction	49
3.3.2. SMA pour l'aide à la compréhension de situations complexes	50
3.3.2.1. Problématique.....	50
3.3.2.2. L'aide à la compréhension de situation complexes	51
3.3.2.3. Une architecture multi-agents de simulation.....	52
3.3.2.4. Illustration sur un exemple simple	53
3.3.3. SMA pour l'aide à la collaboration en bilan professionnel	55
3.3.3.1. Problématique.....	55
3.3.3.2. Conceptualisation du bilan professionnel.....	55
3.3.3.3. Présentation du prototype réalisé	57
3.3.4. Système multi-agents pour l'aide à la négociation de groupe	59
3.3.4.1. Problématique.....	59
3.3.4.2. Une méthode multicritère et distribuée pour la négociation	60
3.3.4.3. NegociAD : un système multicritère et multi-agents d'aide à la négociation	61
3.3.5. Conclusion	62
4. PROGRAMME DE RECHERCHE FUTUR	64

4.1. Problématique générale	64
4.2. Ingénierie des systèmes multi-agents.....	64
4.2.1. Ingénierie des SMA pour le développement de GNDSS	65
4.2.1.1. Introduction	65
4.2.1.2. Socialisation des agents.....	66
4.2.1.3. Apprentissages individuel et organisationnel.....	67
4.2.1.4. Démarche retenue	68
4.2.2. SMA pour la modélisation de systèmes CIM distribués.....	69
4.2.2.1. Introduction	69
4.2.2.2. Du CIM au CIM Distribué (D-CIM).....	69
4.2.2.2. CIM-OSA	70
4.2.2.3. Démarche retenue	70
4.3. Vers une ingénierie des SI distribués et coopératifs	71
5. CONCLUSION GENERALE	72
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	75

III.- ENCADREMENT DE TRAVAUX DE RECHERCHE85

1. Thèses de Doctorat d'Université	85
2. Thèses de Doctorat de Troisième Cycle	86
3. Thèse d'Ingénieur CNAM	86
4. Encadrement d'étudiants de DEA	86
5. Thèses Professionnelles (Mastères Spécialisés)	88
6. Divers.....	88

IV. - ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT90

1. Enseignements relevant du deuxième cycle	90
1.1. IUP MIAGE (F.E.A.- Université d'Aix-Marseille III).....	90
1.2. Programme MASS (F.E.A.- Université d'Aix-Marseille III).....	91
1.3. I.U.S.P.I.M. (Faculté des Sciences - Université d'Aix-Marseille III)	91
2. Enseignements relevant du troisième cycle	92
2.1. DEA du GRASCE / FEA- Université d'Aix-Marseille III (1988-1992)....	92
2.2. DEA-XIAO - IUSPIM-Université d'Aix-Marseille III (1994)	92
2.3. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (1993 et 1994)	92
2.4. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris (1993 et 1994)	92
2.5. Ecole des Mines d'Alès (1989 à 1994).....	92
2.6. Ecole Normale Supérieure de Cachan (1992 et 1993).....	92
2.7. IFURTA (1992).....	92
2.8. Université d'Annaba (1990)	93

3. Enseignements à l'Université Laval, Canada (1983-1986)	93
--	-----------

V. - RESPONSABILITES COLLECTIVES.....94

1. Gestion de contrats de recherche.....	94
1.1. Projet Optimisation Teradata (1991).....	94
1.2. Projet BRITE/EURAM 4390 (1991-1994)	94
1.3. Projet DEMETER (1992-1993)	94
1.4. Projet MERISE+ (1993-1994)	95
2. Administration à l'IUP-MIAGE (Université d'Aix-Marseille III).....	95
3. Sollicitations diverses	95
4. Comités de programme et d'organisation.....	96
5. Relations conviviales	96

VI.- LISTE DES PUBLICATIONS.....97

1. Articles publiés dans des revues spécialisées à comité de lecture	97
2. Ouvrages	97
3. Colloques avec actes (Publications avec ISSN ou ISBN)	97
4. Colloques avec actes (Publications sans ISSN ou ISBN)	98
5. Thèse.....	98
6. Notes internes	99
7. Documents pédagogiques	99
8. Rapports de contrat	100

I.- CURRICULUM VITAE

Bernard ESPINASSE

Né le 9 juin 1954 (40 ans)

Nationalité française

1. SITUATION ACTUELLE

Maître de Conférences 1^o classe en Informatique (section 27) à l'Université Aix-Marseille III, Faculté d'Economie Appliquée (F.E.A.), Programme d'IUP MIAGE, 3 avenue Robert Schuman, 13100 Aix-en-Provence.

Chercheur au Département d'Informatique, d'Automatique et de Mécatronique de l'Institut Universitaire des Sciences pour l'Ingénieur de Marseille (DIAM/IUSPIM) sous la direction du Professeur Eugène CHOURAQUI. Formation doctorale associée en Informatique et Automatisation de l'Université d'Aix-Marseille III (DEA XIAO). Adresse : DIAM-IUSPIM, Faculté des Sciences de l'Université d'Aix-Marseille III, Domaine Universitaire de St Jérôme, avenue Normandie-Niemen, 13397 Marseille Cedex 13.

2. FORMATION

- 1981 Doctorat de troisième cycle en Ingénierie des Systèmes Economiques sous la responsabilité de Messieurs les Professeurs Jean-Louis LE MOIGNE et Bertrand MUNIER (GRASCE : Groupe de Recherche en Analyse de Système et Calcul Economique, URA CNRS No 935/ Université d'Aix-Marseille III). Mention très honorable avec félicitations du jury.
- 1979 Diplôme d'Etudes Approfondies en Analyse de Système et Calcul Economique (GRASCE/Université d'Aix-Marseille III).
- 1978 Certificat d'Aptitude à l'Administration des Entreprises (CAAE), DESS délivré par l'Institut d'Administration des Entreprises d'Aix en Provence, (Université Aix-Marseille III).
- 1977 Diplôme d'Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris.

3. EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

1987 - 1994

Maître de Conférences à l'Université Aix-Marseille III, Programme de MIAGE et de l'IUSPIM (à partir de 1993)

La création et la responsabilité des cours suivants m'ont été confiées :

- cours d'Ingénierie des Systèmes d'Information;
- cours de Bases de Données et SGBD;
- cours d'Intelligence Artificielle.

1993 - 1994

Chercheur au DIAM/IUSPIM de l'Université d'Aix-Marseille III (sous la direction du Professeur Eugène CHOURAQUI)

Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Aix-Marseille III. Formation doctorale associée en Informatique et Automatique de l'Université d'Aix-Marseille III.

1987 - 1993

Chercheur au GRASCE URA CNRS N° 935 (sous la direction des Professeurs Bertrand MUNIER puis Jean-Louis LE MOIGNE)

Faculté d'Economie Appliquée - Université d'Aix-Marseille III. Formation doctorale associée en Ingénierie des Organisations Economiques (DEA).

1988 - 1994

Responsable scientifique d'un programme de Mastère Spécialisé

Mastère Spécialisé en "Systèmes d'Information et Intelligence Artificielle», proposé par l'Ecole des Mines d'Alès (ENSTIMA) et reconnu par la Conférence des Grandes Ecoles.

Responsable des études du programme de ce Mastère Spécialisé et enseignant dans mes domaines de compétence.

1986 - 1987

Responsable scientifique, au département Formation et Recherche de l'IIRIAM (Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle de Marseille). Bénéficiant alors d'un congé sans solde de l'Université Laval.

Création et responsabilité scientifique d'une nouvelle filière de formation post-universitaire en "Informatique d'Organisation"

Chargé de cours en Intelligence Artificielle en deuxième année à la MIAGE d'Aix en Provence (Universités Aix-Marseille II-III).

1983/ septembre 1987

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Administration, de l'Université LAVAL, dans le Département Systèmes d'Information Organisationnels.

Enseignements :

La création et la responsabilité des cours suivants m'ont été confiées au niveau baccalauréat et maîtrise en administration (M.B.A.) :

- cours de méthodologie de conception de systèmes d'information;
- cours de structures et gestion des données (bases de données);
- cours d'introduction aux systèmes d'information organisationnels.

Suivi de différents projets et essais d'étudiants.

Activités de recherches :

Recherches portant sur l'application de l'intelligence artificielle et plus précisément des systèmes à bases de connaissances au domaine de la gestion. Réalisation d'un prototype de système expert pour l'aide à la sélection des risques en assurance-vie utilisant le moteur d'inférences SNARK de Jean-Louis LAURIERE (Université Paris IV).

1981 - 1983

Chef de projet au sein du département informatique de la société COMEX (Marseille), responsable des projets suivants :

- conception et réalisation d'un logiciel d'aide à la maintenance sous-marine de plates-formes pétrolières;

- conception et réalisation d'un logiciel de gestion de production;
- élaboration d'un schéma directeur en matière de bureautique;
- assistance ponctuelle aux calculs scientifiques (dont l'utilisation du programme STRUDLE en calcul de structure, sur réseau CISI).

4. THEMATIQUES DE RECHERCHE

Mes activités de recherche s'inscrivent depuis plus d'une quinzaine d'années dans la problématique de la conception et la réalisation de systèmes d'information intelligents, tant d'un point de vue méthodologique que technologique. On entend par système d'information intelligents, des systèmes d'information (SI) permettant à l'organisation d'apprendre et de s'adapter aux évolutions nécessaires que lui impose son environnement.

Dans cette problématique générale, mes travaux de recherche portent sur deux grands champs complémentaires de la discipline des Systèmes d'Information Organisationnels (Management Information Systems - MIS - dans le contexte anglo-saxon) :

- Ingénierie des Systèmes d'Information (relevant du génie logiciel et reconnue sous les termes de "Analysis, Design and Implementation of Information Systems" dans la littérature anglo-saxonne).

Mes travaux sont fortement liés à la méthode MERISE, tout d'abord (années 80) à l'émergence même de cette méthode et ensuite (années 90) à son extension (nouveaux domaines d'application, extension des formalismes et modèles proposés) et plus récemment à son évolution profonde (approche objet : projet MERISE+).

- Ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) (Decision Support Systems - DSS dans la littérature anglo-saxonne) et plus précisément l'Apport de l'Intelligence Artificielle (IA) à la conception et la réalisation de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision.

Mes travaux portent sur la mise en oeuvre des méthodes et techniques relevant de l'IA (systèmes à règles de production, modèles connexionnistes et plus récemment techniques d'I.A.Distribuée et systèmes multi-agents) dans des SIAD s'adressant à un décideur ou à un groupe de décideurs.

Dans ces deux grands champs de recherche j'ai développé différents travaux, réalisés parfois dans le cadre de contrats avec des partenaires industriels, qui ont souvent donné lieu à des communications ou des publications.

5. RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

Publications

- 4 publications dans des revues spécialisées avec comité de lecture;
- co-auteur d'un ouvrage et une participation à deux ouvrages collectifs;
- 7 publications dans des colloques avec actes (documents publiés avec ISSN ou ISBN);
- 5 publications dans des colloques avec actes (documents publiés sans ISSN ou ISBN);
- 1 thèse (de troisième cycle);
- 9 notes internes;
- 3 documents pédagogiques;
- plusieurs rapports de contrats de recherche.

Encadrements de travaux de recherche

- 2 co-directions en cours de thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille III;

- 1 co-direction de thèse de Doctorat de troisième cycle soutenue à l'Université d'Aix-Marseille III;
- 1 direction de thèse d'ingénieur CNAM;
- plusieurs directions de mémoires de DEA (FEA-GRASCE et IUSPIM);
- plusieurs directions ou co-directions de thèses professionnelles dans le cadre de Mastères Spécialisés de l'Ecole des Mines d'Alès et de l'ESIM;
- plusieurs directions ou co-directions de mémoires de MBA à l'Université LAVAL (Canada).

Contrats de recherche

Au cours des trois dernières années, la responsabilité des projets suivants m'a été confiée :

1992

Projet Optimisation Teradata : Optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la machine base de données TERADATA DBC/1012. Projet mené avec l'Institut SYSTEMIA en collaboration avec la société BULL pour La Poste. *Montage et responsabilité du projet.*

1991-1994

Projet Européen BRITE/EURAM 4390, «Integrated System of Flexible Prefabrication for Personalized Architectonic Facade». Partenaires : ARMINES - Ecole des Mines d'Alès, l'Institut SYSTEMIA, le groupe GTM (partenaire leader), le groupe ROBOTESCA (Bilbao-Espagne) et le groupe ITIN (Milan-Italie). *Participation au montage et responsabilité du projet pour la partie relative aux développements informatiques (Institut SYSTEMIA).*

1992-1993

Projet DEMETER, projet de recherche et développement mené avec l'Institut SYSTEMIA pour l'association DEMETER et cofinancée par l'AGEFIPH (Agence pour la Gestion du Fond d'Insertion Professionnelle des personnes Handicapés) et la DFP (Délégation de la Formation Professionnelle). *Responsabilité du projet.*

1992-1994

Projet MERISE+, projet subventionné par le Ministère de l'Industrie dans le cadre du programme "Informatique 92". Cette recherche associe le GRASCE/CNRS (Université Aix-Marseille III), l'Institut SYSTEMIA (partenaire coordinateur) et les sociétés industrielles INGENIA et CECIMA. *Montage et responsabilité du projet.*

6. RELATIONS CONVIVIALES

Membre des associations suivantes : AFCET, AFIA, ARC, IEEE, INFORSID, SPECIF.

Membre du Comité d'Organisation du Xième Congrès INFORSID qui s'est tenu à Aix-en-Provence du 18 au 20 mai 94 avec le patronage de l'AFCET, l'AFIA et du CNRS.

Membre du Comité de Programme du Congrès AFCET "Merise et les autres : quels systèmes d'information pour un monde qui bouge ?" qui s'est tenu au palais des congrès de Versailles du 5 au 7 octobre 94.

Participation (novembre 92) aux travaux d'un groupe de réflexion interministériel dont le CIIBA (Comité Interministériel de l'Information et de la Bureautique dans l'Administration sur le devenir des méthodes MERISE et RACINE. Les résultats de cette réflexion sont rassemblés dans un ouvrage : "Les méthodes de développement informatique : une nécessaire évolution», document édité par GP/EM/IC, collection Etudes, Paris, 1993.

Membre du jury d'une thèse (nouveau régime) soutenue à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique (Sup. Aero.).

Participation à l'élaboration du programme Tunisien d'"Agrégation d'informatique des systèmes industriels". Cette participation concerne plus précisément les enseignements d'informatique de gestion.

7. LANGUES

Français, anglais.

II.- ACTIVITE DE RECHERCHE

1. THEMATIQUE GENERALE DE NOS RECHERCHES

Nos activités de recherche s'inscrivent depuis une quinzaine d'années dans la problématique de la conception et la réalisation de systèmes d'information intelligents, tant d'un point de vue méthodologique que technologique. On entend par systèmes d'information intelligents, des systèmes d'information permettant à l'organisation d'apprendre et de s'adapter aux évolutions nécessaires que lui impose son environnement.

Cette problématique s'affirme déjà dans le cadre de notre thèse soutenue en juillet 1981, «Autonomie et intelligence organisationnelle : éléments théoriques et applications à la conception des systèmes d'information intelligents» [Espinasse 81]. En effet cette thèse porte sur la conception des systèmes d'information organisationnels dans la problématique de l'auto-organisation à partir du concept d'intelligence organisationnelle.

Dans le cadre de cette problématique générale, nos travaux de recherche portent sur deux grands champs complémentaires de la discipline des Systèmes d'Information Organisationnels (Management Information Systems - MIS - dans le contexte anglo-saxon) :

- l'ingénierie des Systèmes d'Information (relevant du génie logiciel et reconnue sous les termes de "Analysis, Design and Implementation of Information Systems" dans la littérature anglo-saxonne);
- l'ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) (Decision Support Systems - DSS dans la littérature anglo-saxonne) et plus précisément l'Apport de l'Intelligence Artificielle (IA) à la conception et la réalisation de SIAD.

Nos travaux associés au champ de l'ingénierie des Systèmes d'Information sont fortement liés à l'élaboration et au développement de la méthode Merise, tout d'abord au cours des années 80, à l'émergence même de cette méthode et ensuite, au cours des années 90, à son extension (nouveaux domaines d'application, extension des formalismes et modèles proposés) et plus récemment à son évolution profonde (approche objet : projet Merise+).

En ce qui concerne le second champ, l'ingénierie des SIAD, nos travaux concernent la conception et la réalisation de nouveaux outils informatisés d'aide à la décision, mettant en oeuvre des techniques de représentation et d'interprétation des connaissances relevant de l'Intelligence Artificielle (IA) classique et du connexionnisme - *Ingénierie des SIAD orientés connaissance* - et enfin plus récemment des techniques de l'I.A. Distribuée et des systèmes multi-agents - *Ingénierie des SIAD multi-agents*. Les SIAD concernés par notre recherche s'adressent à un décideur unique et depuis quelques années, à un groupe de décideurs.

Depuis plus d'une quinzaine d'années et dans ces deux grands champs de recherche, nous avons développé un certain nombre de travaux ayant la plupart du temps donné lieu à des communications ou des publications. Ces recherches ont été réalisées soit de façon autonomes, au sein de laboratoire de recherche, soit dans le cadre de contrats avec des partenaires industriels.

Dans les chapitres suivants, nous présentons ces différents travaux selon ces deux grands champs de recherche complémentaires. Dans cette présentation, nous avons aussi distingué deux grandes périodes, l'une de 1981 (année à laquelle, nous avons soutenu notre thèse de troisième cycle) à 1990 et l'autre de 1990 à aujourd'hui. Enfin nous développerons le programme de recherche que nous nous sommes fixé pour les prochaines années.

2. TRAVAUX DE RECHERCHE JUSQU'A 1990

2.1. CADRE DES TRAVAUX

Notre activité de recherche a commencé par l'écriture d'une thèse (79-81), conduite sous la direction du Professeur Jean-Louis Le Moigne au sein du laboratoire GRASCE/CNRS - FEA/Université d'Aix-Marseille III (à l'époque dirigé par Bertrand Munier), ceci en tant qu'allocataire de recherche CNRS. Au même moment nous faisons aussi partie d'une équipe de recherche appliquée sous la direction d'Hubert Tardieu au CETE (Centre d'Étude Technique de l'Équipement) d'Aix-en-Provence, ceci dans le cadre d'un contrat de recherche financé par l'INRIA (aide N° 310) sur l'élaboration de la méthode Merise.

Notre thèse soutenue, nous avons quitté le monde universitaire pour passer trois années dans le monde industriel. Nous avons ainsi de 1981 à 1983 occupé la fonction de chef de projet informatique dans la société Comex, à ce moment-là leader dans le domaine de l'Offshore. Durant ces années, nous avons eu la responsabilité de plusieurs projets informatiques industriels relativement innovants pour l'époque.

Notre activité de recherche reprend en 83, en tant qu'enseignant - chercheur au Département de Systèmes d'Information Organisationnels de l'Université Laval au Canada, à l'époque sous la direction du Professeur Daniel Pascot. Nous y resterons plus de trois ans (1983-1987) sous le statut de Professeur Adjoint. Ce séjour nous a permis de nous familiariser avec les méthodes nord-américaines de conception de SI, comme l'Analyse et la Conception Structurées de C.Gane et T.Sarson [Gane & al.79] que nous avons enseigné dans cette université.

En congé sans solde de l'Université Laval en 86-87, cette activité se poursuit lors de notre passage à l'IIRIAM (Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle de Marseille) sous la direction de Jean-François Le Maître. Nous participons ainsi, avec Marc Bergman, à la création d'un institut de formation en génie logiciel, qui ne devait malheureusement pas voir le jour pour des raisons financières.

Nommé Maître de Conférences en Informatique à l'Université d'Aix-Marseille III (1987), sur un poste à la Faculté d'Économie Appliquée et plus précisément affecté au programme de maîtrise MIAGE (Méthodes Informatiques Appliquées à la GEstion), nos activités de recherche se développent au sein du laboratoire GRASCE/CNRS.

Des liens privilégiés s'établissent entre le GRASCE/CNRS et l'Institut Systémia, Institut de formation professionnelle de troisième cycle spécialisé en Systèmes d'Information, à la création duquel nous contribuons. Cet institut entretient aussi d'étroites relations avec des écoles d'ingénieur, l'École des Mines d'Alès et l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris, écoles avec lesquelles il organise des formations délivrant des diplômes de Mastères Spécialisés en Ingénierie des Systèmes d'Information, diplômes reconnus par la Conférence des Grandes Écoles. Nos activités de recherche, notamment financées par des contrats, se développeront dans le cadre de ces collaborations.

Nos travaux conduits durant cette période s'organisent autour des deux grands thèmes de la discipline des Systèmes d'Information Organisationnels, qui sont comme nous l'avons déjà évoqué, d'une part les Méthodes de Conception de Systèmes d'Information et d'autre part l'Apport de l'Intelligence Artificielle à la conception et la réalisation de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD).

Nos recherches associées au premier champ sont fortement liées à l'élaboration et au développement de la méthode Merise. En ce qui concerne le second champ, nos travaux portent sur la conception et la réalisation de nouveaux outils informatisés d'aide à la décision (pour un décideur unique), mettant en oeuvre des techniques relevant de l'IA (systèmes à règles de production, modèles connexionnistes). Enfin, ces dernières recherches s'accompagnent d'une réflexion conceptuelle et épistémologique originale que l'on peut qualifier de constructiviste.

Nous allons développer nos travaux sur cette période pour chacun de ces deux thèmes de recherche.

2.2. INGENIERIE DES SYSTEMES D'INFORMATION

2.2.1. Introduction

Nos travaux de recherche sur le thème de l'ingénierie des systèmes d'information sont associés à l'élaboration de la méthode Merise. Ils ont commencé dès 1978, dans le cadre d'une thèse conduite au GRASCE/CNRS et au sein d'une équipe de recherche du CETE d'Aix-en-Provence, sous la responsabilité d'Hubert Tardieu. Ils se poursuivent un peu plus tard (1989) sur le développement d'éléments méthodologiques, s'inspirant de cette méthode, pour la mise en oeuvre de l'Échange de Données Informatisé (EDI). Ces derniers travaux ont été conduits en collaboration avec l'Institut Systémia et la Société Transpac.

2.2.2. Recherche liée à la naissance de la méthode Merise

En 1977, le Ministère de l'Industrie, soucieux de concevoir et définir une méthode d'intérêt national initialise le projet Merise associant les principales sociétés de service et de conseil en informatique françaises et le CETE d'Aix-en-Provence.

L'élaboration de cette méthode à laquelle nous avons contribué, a été fortement influencée par la Science des Systèmes ou "Systémique", ceci sous l'impulsion de J.L. Le Moigne [LeMoigne 77]. Rappelons que la Systémique consiste en l'élaboration et la mise en oeuvre des méthodes de modélisation des phénomènes perçus ou conçus comme complexes. En nous proposant une modélisation progressive des "objets", elle facilite la compréhension de l'entreprise, "objet complexe actif et organisé" et par là même de son SI. Ainsi, le modèle OID (Opération-Information-Décision) de l'entreprise proposant l'articulation de celle-ci en trois sous-systèmes, système opérant (SO), système d'information (SI) et système de pilotage (SP), s'est avéré extrêmement pertinent dans le développement de la méthode Merise.

Notre participation à l'élaboration de cette méthode a conduit à deux communications à des congrès [Tardieu & al.79] [Heckenroth & al.80], à un rapport de recherche INRIA [Heckenroth & al.81a] et a fortement inspiré notre thèse de troisième cycle [Espinasse 81]. Nos principales contributions à ce projet concernent d'une part l'élaboration d'un cadre conceptuel permettant d'aborder la modélisation de la dynamique d'un SI et d'autre part la proposition de niveaux d'abstraction et d'un formalisme inspiré des réseaux de Pétri pour la modélisation de cette dynamique.

2.2.2.1. Modélisation de la dynamique dans un système d'information

Pour la représentation de la dynamique dans un SI, plus précisément sur la prise en compte des actions sur les données mémorisées, nous avons distingué deux approches : l'approche orientée état (ou transitionnelle) et l'approche orientée événement (ou événementielle).

Dans l'approche orientée état, les données du SI (ou base d'informations) sont supposées avoir des états successifs obtenus, à partir d'un état initial, par une succession de transitions permises; *ajouter, modifier, effacer*. Cette approche met l'accent sur une description exhaustive des états de la base, elle vérifie que la succession état avant/état après est possible (non proscrit). Par contre, elle ne s'intéresse pas à ce qui a déclenché cette transition, ainsi qu'aux séquences des transitions.

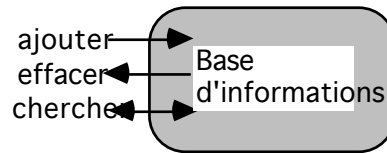


Figure 1 : Approche orientée état.

Dans l'approche orientée événement, la base d'informations n'est plus directement mise à jour par l'information mais par le concept intermédiaire d'opération. Cette dernière est déclenchée par un événement, produit des résultats qui, associés à d'autres événements ou résultats sont synchronisés pour former un nouvel événement. Les opérations peuvent consulter ou modifier la base d'informations :

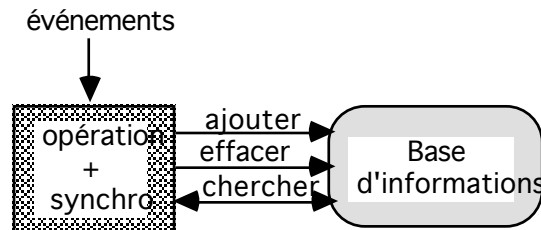


Figure 2 : Approche orientée événement.

Cette approche met l'accent sur ce qui a déclenché toute transition d'état de la base d'informations, c'est à dire sur une prescription de séquences des transitions. Par contre elle ne s'intéresse pas à une description exhaustive des états de la base, ne vérifie pas que la succession état avant/état après est possible; on ne décrit pas tous les états de la base d'informations.

En résumé, l'approche événementielle exprime l'origine des actions sur les données sans vérifier si elles sont licites tandis que l'approche transitionnelle exprime les séquences d'actions autorisées sans préciser leurs origines.

L'approche que nous avons adoptée pour la méthode Merise est une combinaison de ces deux approches. Elle est basée sur la mise en évidence de stimuli (événements) qui déclenchent des actions affectant le système d'information, et produisent des réponses (résultats). Elle prend ainsi en compte le prescrit de l'approche opération afin de décrire le fonctionnement déterministe du système d'information. Le proscrit de l'approche état, conduisant à une vérification de la cohérence, des états permis de la base d'information (intégrité de la base), ne sera pas pris en compte de façon explicite dans la modélisation des traitements. La modélisation des données permettra de prendre en compte certains aspects de l'approche état. Notons que de récents développements de la méthode Merise proposent d'exprimer plus explicitement ces transitions autorisées à travers le cycle de vie des objets [Nanci &al.92b].

Cette modélisation de la dynamique du SI nous a conduit à proposer une architecture fonctionnelle reposant sur deux moniteurs, le moniteur dynamique et le moniteur transitionnel [Heckenroth &al.80] :

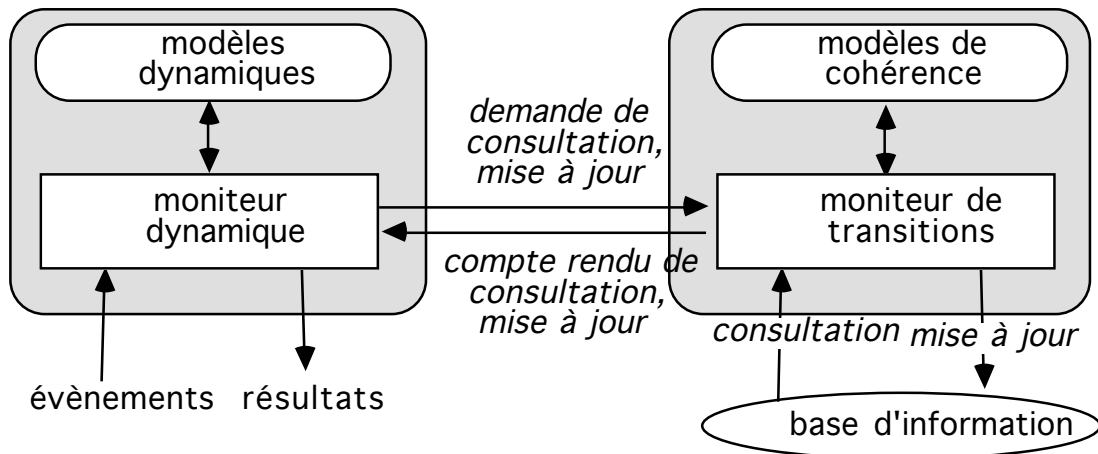


Figure 3 : Architecture fonctionnelle pour la représentation de la dynamique dans un SI.

Le moniteur dynamique :

- il est chargé des interactions avec l'environnement du SI;
- il reçoit les messages et consulte les modèles dynamiques pour savoir les actions à déclencher, les synchronisations à respecter et les messages à produire.

Le moniteur de transition :

- il contrôle la manipulation de la base d'information;
- il vérifie qu'aucune règle ou contrainte d'intégrité définie dans les modèles de cohérence ne soit violée;
- si une action est permise, il lance la commande sur la base, en récupère les résultats et le transmet au moniteur dynamique.

La modélisation des traitements dans Merise concerne plus particulièrement la formalisation des modèles dynamiques, pour laquelle il nous a été nécessaire d'élaborer un nouveau formalisme. Les modèles de cohérence sont les "garants" de l'intégrité de la base d'information et conduiront à l'explicitation dans la modélisation des données de contraintes de cohérence ou d'intégrité.

Quelques années plus tard (en 86) avec R.Mantha [Espinasse &al.86c], nous avons repris cette architecture afin de mieux formaliser les faiblesses des Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnels (SGBDR) utilisés pour la réalisation de SI et proposer pour leur évolution, un nouveau cadre conceptuel orienté connaissance.

En effet, au milieu des années 80, ces SGBDR commençaient à être utilisés pour la réalisation de SI. Nous avons expliqué certaines faiblesses de ces systèmes par des limites conceptuelles du modèle relationnel, qui par sa vision essentiellement orientée mémorisation et structuration des données, nous est apparu incapable de prendre en compte de façon satisfaisante l'aspect transformation des données. Ne prenant pas en compte cet aspect, le soin d'assurer l'intégrité de la base était laissé aux programmes d'application.

Pour aborder cette transformation des données, nous avons défini un cadre de réflexion inspiré de l'architecture fonctionnelle précédente. Ce cadre nous a permis d'établir la nature des contraintes associées à ces transformations en termes de connaissances explicites que les SGBDR devaient pouvoir représenter et traiter. Les avancées importantes en représentation et traitement des connaissances dans le champ de l'IA nous sont apparues des voies prometteuses pour la conception de futurs SGBDR plus adaptés à la problématique des SI. L'évolution que nous avons préconisée s'est en partie confirmée par la suite, avec notamment l'introduction de langages de règles (triggers), permettant de spécifier de façon partielle et déclarative les modèles transitionnels (contraintes d'intégrités) et dynamiques que nous avons proposés.

2.2.2.2. Niveaux de modèle et formalisme pour la dynamique dans les SI

Il nous est apparu nécessaire de proposer pour la modélisation des traitements d'un SI, plusieurs niveaux de modélisation traduisant des niveaux de préoccupation différents. En nous inspirant des travaux du groupe de l'ANSI-SPARC [ANS 75] dans le domaine des bases de données, nous avons proposé trois niveaux d'abstraction auxquels nous avons associé des modèles spécifiques :

- le niveau conceptuel correspondant à la prise en compte du monde réel tel qu'il est perçu par l'organisation, des objectifs et choix de gestion de cette dernière;
- le niveau logique traduit le niveau conceptuel en lui incorporant des choix d'organisation, c'est à dire en précisant les types de processeurs homme et/ou machine;
- le niveau physique enfin traduit le niveau logique en un système en ordre de marche par la prise en compte des choix techniques.

Les méthodes des années 70, comme Corig, Atlas, Warnier et la programmation structurée ignoraient les interactions nécessaires entre les différents traitements. En effet, l'utilisation commune d'un ensemble de données, le partage d'un processeur ou d'un réseau informatique provoque entre les différentes opérations des conflits, des attentes et le cas échéant des blocages. Ces problèmes de dynamique des traitements sont délicats à spécifier comme à maîtriser.

A la même époque, les chercheurs en automatique commencent à utiliser les réseaux de Pétri (RdP). Présentés en 1962 dans la thèse de Pétri, les RdP se présentent comme un outil qui, par un enrichissement de la théorie de graphes, permet de représenter, d'étudier et de simuler de nombreux automatismes. Les RdP sont principalement utilisés dans la formulation de systèmes dont l'état est conditionné par des commandes discrètes entraînant des modifications discrètes de l'état lui-même.

Les RdP nous sont apparus très intéressants pour la modélisation de la dynamique dans les SI. En collaboration avec R.Valette du LAAS/CNRS, notre recherche nous a conduit à étudier en détail ce formalisme. Nous avons ainsi utilisé les outils développés par ce laboratoire permettant d'analyser des réseaux, soit par des méthodes dites classiques qui permettent de vérifier les propriétés borné, vivant et réinitialisable des réseaux à partir de leurs graphes des marquages, soit par des méthodes dites structurales dont les résultats sont indépendants du marquage initial du réseau.

A l'issue de cette étude nous avons conclu que les RdP permettaient de décrire les aspects dynamiques des SI, en s'appuyant sur des bases théoriques rigoureuses. Cependant cette description est de très bas niveau d'abstraction, de plus la traçabilité et plus encore l'interprétation des résultats d'analyse s'avèrent difficiles. Aussi avons-nous préféré développer un nouveau formalisme fortement inspiré des RdP, mais d'un niveau de spécification plus élevé et plus adapté à notre contexte.

Le formalisme que nous avons proposé pour la modélisation des traitements dans Merise permet de représenter et simuler le fonctionnement du SI (fonctionnement pas à pas, mise en évidence de conflits et parallélismes), ceci aux différents niveaux d'abstraction évitant ainsi la multiplication des formalismes. Ce formalisme comporte les trois concepts essentiels suivants :

- l'Événement / Résultat - Message : l'événement est la formalisation d'un stimulus par lequel le SI prend connaissance de comportements de son environnement. Un résultat est la formalisation d'une réaction du SI. A un événement ou résultat est éventuellement associé un ensemble d'informations appelé message;
- l'Opération : c'est la description du comportement du SI par rapport aux événements. L'opération est déclenchée par la survenance d'un événement, ou de plusieurs événements synchronisés;
- la Synchronisation : elle représente une condition préalable au démarrage de l'opération. La synchronisation va permettre, entre autre, le découpage d'un processus en plusieurs opérations.

Nous avons associé à ce formalisme une représentation graphique destinée à faciliter le dialogue entre concepteur et utilisateur de SI :

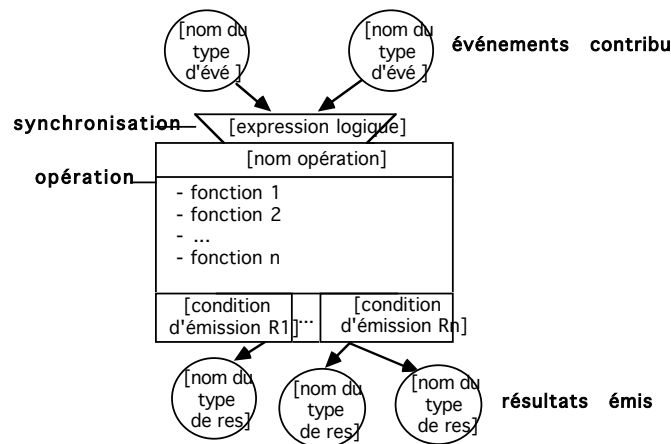


Figure 4 : Représentation graphique du formalisme des traitements Merise.

Enfin nous avons aussi défini sur ce formalisme la notion d'état, ainsi qu'un certain nombre de règles de fonctionnement. Ceci nous a permis de définir les propriétés d'un modèle dynamique exprimé dans ce formalisme : modèle borné, vivant, propre, réinitialisable, déterministe et parallèle.

2.2.2.3. SI intelligents et intelligence organisationnelle

C'est dans le cadre de notre thèse soutenue en juillet 1981, «Autonomie et intelligence organisationnelle : éléments théoriques et applications à la conception des systèmes d'information intelligents» [Espinasse 81], que nous abordons pour la première fois la problématique des systèmes d'information intelligents, systèmes d'information permettant à l'organisation d'apprendre et de s'adapter aux évolutions nécessaires que lui impose son environnement.

Le sujet central de cette thèse est la conception des systèmes d'information organisationnels dans la problématique de l'auto-organisation à partir du concept d'intelligence organisationnelle. Cette recherche s'appuie sur une étude critique des théories économiques et organisationnelles classique ou néoclassique, privilégiant en particulier les travaux de J. Vanek [Vanek 75] et J.Dreze [Dreze 75] concernant l'étude de l'autonomie de l'organisation industrielle dans un système de marché. Cette étude montre toute l'importance des processus organisationnels et informationnels dans l'entreprise et fait émerger les concepts d'identité, de conscience et de mémoire collectives.

Nous abordons dans notre thèse l'autonomie de l'organisation comme un perpétuel processus d'apprentissage organisationnel reposant sur des réserves en énergie, matière et surtout information. On peut associer ces réserves à un "excédent organisationnel" [Cyert & al.70] permettant de "tamponner" les aléas de l'environnement et consistant par exemple en des stocks de connaissances et des puissances à priori excédentaires de stockage et de traitement d'information. Nous introduisons les concepts de mémoire et d'apprentissage organisationnels puis celui d'intelligence organisationnelle, concepts qui n'étaient alors pas encore définis dans les problématiques des différentes écoles de la théorie de l'organisation étudiées. Notre réflexion nous a conduit à proposer trois hypothèses de base :

- l'hypothèse de l'existence d'une mémoire collective spécifique à toute organisation sociale, et fondant son identité (et donc son autonomie);
- l'hypothèse du développement de processus d'apprentissage collectifs très comparables dans leurs formes aux processus cognitifs d'apprentissage individuels;
- l'hypothèse de l'apparition d'une forme d'intelligence organisationnelle, encore imprécise dans ses contours, mais déjà possible d'une formalisation minimale : l'aptitude à établir des rapports signifiants entre les signes qui lui permettront de dégager de nouveaux comportements pouvant éventuellement induire des transformations structurelles internes.

La conjonction de ces trois hypothèses (sans doute constitutive d'une théorie de l'autonomie organisationnelle) nous a conduit à une étude plus spécifique des processus

informationnels dans l'organisation, et à faire émerger le concept de "système d'information intelligent" déjà introduit par Z.S.Zannetos [Zannetos 68].

En nous appuyant sur les travaux d'une part de A.Newell et H.A.Simon [Newell 72] [Simon 60-79] et d'autre part de W.F.Pounds, P.Huard, J.C.Courbon [Pounds 69] [Huard 80] [Courbon 79], nous avons montré comment pouvait s'articuler l'intelligence organisationnelle et l'intelligence des SI de l'organisation. Cet ajustement est assuré d'une part au travers des systèmes d'information automatisés (SIA) associés au fonctionnement routinier de l'organisation et d'autre part grâce aux SIAD, associés au développement de l'organisation. Enfin, nous avons proposé des éléments théoriques et des outils de modélisation pour la conception des SIA, éléments déjà présentés et participant à la méthode Merise.

2.2.3. Extension de Merise à l'Échange de Données Informatisé (EDI)

En 1989 et en collaboration avec l'Institut Systémia et la société Transpac nous nous intéressons à la mise en oeuvre de l'Échange de Données Informatisés (EDI) dans les entreprises et plus précisément l'élaboration d'éléments méthodologiques permettant la modélisation de ces échanges et leur intégration au sein des SI des entreprises [Bergman & al.91].

2.2.3.1. Problématique et enjeux de l'EDI

L'EDI conduit à raisonner non plus seulement en "entreprise-système", mais aussi en "systèmes d'entreprises" (ou communautés d'entreprises partenaires) et en conséquence à développer de nouvelles stratégies industrielles basées sur ce partenariat. L'EDI est bien souvent pour l'entreprise une nécessité, sans son passage à l'EDI elle risque en effet d'être rapidement évincée du marché, en terme de stratégie industrielle, on passe du "competitive advantage" [Porter 89] au "competitive necessity". A ces communautés d'entreprises sont associés des SI Communautaires (ou Globaux) (Global Information Systems dans la littérature anglo-saxonne) intégrant une partie des SI de chacune des entreprises partenaires.

Les avantages de l'EDI sont nombreux tant pour chaque entreprise partenaire que pour la communauté des partenaires. Tout d'abord au niveau de chacun, un premier type d'avantages est lié à la dématérialisation des documents, c'est à dire à la suppression de la chaîne traditionnelle du support papier :

- il supprime l'envoi de documents, ou formulaires papier, par la poste ou tout autre système de portage encore plus coûteux;
- il permet une économie substantielle de personnel et de moyens informatiques (moins d'imprimantes, de matériel de façonnage, de temps machine, de postes de ressaisie...);

En plus de ces économies, l'EDI présente un certain nombre d'avantages liés au management pratiqué par chacun des partenaires et permet un certain nombre de gains substantiels, notamment :

- une amélioration de la qualité des transferts d'informations, d'un point de vue sécurité et fiabilité;
- un recouvrement des créances plus rapide, permettant d'améliorer la trésorerie;
- un renforcement des liens entre les partenaires pouvant conduire à une certaine fidélisation;
- une réconciliation des flux physiques et des flux d'information [Stoven 89], conduisant à une meilleure réponse à l'événement, à un suivi logistique de bout en bout et la possibilité d'instaurer, de façon efficace, le Juste A Temps (JAT) [Sandoval 90].

La mise en oeuvre de l'EDI à souvent pour conséquences une réorganisation de l'entreprise, une évolution des mentalités et à terme la re-conception même de ses propres SI. En effet, rien ne sert de recevoir des commandes en temps réel si la production et la logistique ne suivent pas. Au niveau communautaire, l'enjeu de l'EDI est fondamental, il peut fédérer tout un secteur d'activité de l'économie autour de quelques entreprises (EDI sectoriels), il

peut améliorer les communications entre plusieurs secteurs, enfin il peut améliorer les relations entre les partenaires de la communauté et les pouvoirs publics [CCE 90] [Stoven 90].

Si la puissance en matériel informatique requise pour mettre en oeuvre l'EDI dans les organisations est relativement réduite, les besoins en ingénierie et en intégration de systèmes sont importants. Notre recherche a consisté à proposer un certain nombre d'éléments méthodologiques permettant l'implantation de l'EDI dans une communauté de partenaires [Bergman & al.91]. Ces éléments méthodologiques ont depuis été développés et validés sur le terrain et ont donné lieu à la méthode REDI proposée par l'Institut Systémia et Transpac. Un atelier logiciel support à cette méthode, Gemedi, plus précisément d'aide à la conception des Messages à été développé et est actuellement commercialisé par cet institut. Nous allons développer brièvement les éléments méthodologiques qu'ont fait émerger nos travaux de recherche.

2.2.3.2. Modélisation du Système d'Information d'Échange Communautaire

Notre approche méthodologique a été fortement inspirée par le cadre conceptuel qui a été défini pour la méthode MERISE principalement en ce qui concerne les raisonnements. Tout d'abord nous avons introduit le concept de "Systèmes d'Information d'Échanges Communautaires" (SIEC) pouvant être défini comme le SI supportant les échanges entre partenaires d'une même communauté. Un SIEC est principalement caractérisé par le fait qu'il est par nature réparti chez chacun des partenaires dans lequel il s'intègre avec tout ou partie de ses SI propres.

Pour aborder cette complexité intrinsèque du SIEC nous avons été conduit à distinguer d'une part deux niveaux de modélisation, les niveaux partenarial et communautaire et d'autre part les aspects cinématiques et statiques de l'échange [Bergman & al.91] :

- l'aspect cinématique met l'accent sur le processus même de l'échange, perçu comme un processus, dans le temps, l'espace et la forme. Pour concevoir les systèmes d'information d'échange, les processus sont décrits sous la forme de traitements fonctionnels;
- l'aspect statique, ce qui est processé, concerne le contenu informationnel qui est transmis au travers d'un message (document papier ou ensemble de données informatisées).

Processus communautaires et partenariaux

Un processus est associé à un ensemble d'échanges de documents ou de données informatisés associés à une même finalité, de gestion par exemple. Ces échanges sont représentés de façon abstraite par des événements/résultats auquel est associé un message informationnel. Une finalité, définie à un niveau communautaire, est réalisée par un processus d'échange communautaire. Inversement, un processus d'échange communautaire exprime ainsi un ensemble d'échanges inter-partenaires associés à une même finalité communautaire. A un processus communautaire d'échange, correspond un ou plusieurs processus d'échange intra-partenaire (processus partenarial) concourant à la réalisation, du côté de ce partenaire au processus d'échange communautaire initial.

Messages communautaires et partenariaux

Comme pour les processus, on distingue deux niveaux de messages : communautaire et partenarial. Le message communautaire est un message inter-partenaire, dont le format est reconnu par la communauté et qui est traité par un processus communautaire. Le message partenarial est traité par un processus partenarial, et formaté pour et par le système d'information du partenaire considéré. Un traitement interne local à ce système assurera le passage d'un message communautaire à un message partenaire reconnu et vice versa. La communauté définit le format des messages communautaires, dans le but de préserver une cohérence totale au niveau communautaire.

2.2.3.3. Les modèles proposés

La nécessité d'aborder successivement les différents types de préoccupations liées à la conception d'un SIEC nous a conduit à retenir les trois niveaux d'abstraction ou de hiérarchisation des préoccupations proposés par la méthode MERISE. A chacun de ces trois niveaux d'abstraction, pour les deux aspects statique (message/données) et cinématique (processus/traitement), le SIEC est modélisé au niveau communautaire et au niveau de chaque partenaire [Bergman & al.91] :

- la modélisation conceptuelle formalise les invariants tant au niveau des informations élémentaires contenues dans l'échange (documents ou données informatisées) qu'au niveau des traitements permettant la réalisation des différents processus d'échange ceci au niveau communautaire (conceptuel communautaire) comme au niveau de chacun des partenaires;
- la modélisation organisationnelle/logique traduit d'une part au niveau des données les différents choix de normalisations qui seront faits au niveau de l'élaboration des différents messages et d'autre part l'organisation des traitements à effectuer à l'arrivée et au départ des messages au niveau de chacun des partenaires;
- la modélisation physique traduit les choix techniques et la prise en compte de leurs spécificités au niveau de chacun des partenaires.

Notre recherche a proposé un ensemble de formalismes et de raisonnements nécessaires à l'élaboration des modèles conceptuels et organisationnels/logiques du SIEC (les modèles de niveau physiques n'ont pas été abordés par notre recherche). Pour la modélisation des processus d'échanges (partenariaux et communautaires) et des messages échangés, nous avons proposé l'usage adapté de formalismes déjà préconisé par Merise.

Dans la modélisation conceptuelle, la principale difficulté réside dans la dimension inter-entreprises d'un projet EDI : l'aspect communautaire est récent et peu envisagé dans les organisations actuelles. Cette modélisation du communautaire se fera dans une première phase de recueil, par agrégation de modèles partenariaux. Cet aspect novateur d'agrégation des existants des partenaires dans des modèles communautaires est lié à la nécessité d'un consensus sur la vision globale du monde dans lequel se situent les différentes organisations. Afin de permettre l'émergence des processus d'échanges partenariaux, nous avons proposé l'usage de graphes des flux échangés, de matrices des flux entre partenaires, de graphes de dépendance des échanges. Enfin nous avons défini des processus de confrontation/fusion permettant la constitution de modèles communautaires à partir de modèles partenariaux.

La modélisation organisationnel/logique décrit pour chaque partenaire, les types de ressources mobilisées pour assurer l'échange, les poste-type de travail, les sites géographiques et l'organisation logique, normalisée des messages échangés. Pour l'aspect statique de l'échange, il s'agit de traduire les messages communautaires et partenariaux exprimés en formalisme Entité-Relation, en langage EDIFACT [Stoven 89]. Ces derniers sont en fait une vue des messages EDIFACT communautaires. Pour l'aspect cinématique de l'échange, une fois décidé le mode d'échange à adopter dans la communauté (échanges réalisés par un prestataire tiers ou connecteur, assurant par exemple des fonctions du type messagerie, les liaisons directes de partenaires à partenaires,...), il s'agit ensuite d'établir un certain nombre de règles qui géreront les échanges entre partenaires (aspects juridiques; contraintes de délai, de sécurité, de confidentialité, l'identification, l'authentification, l'intégrité, la traduction des normes, etc.). Il est aussi nécessaire d'estimer l'intensité des futurs échanges (estimation des longueurs, des fréquences moyennes et au jour, heures de pointe, etc.).

2.2.4. Conclusion

Les travaux de recherche que nous avons menés durant cette période de 1979 à 1990 sur les méthodes de conception de SI nous ont permis de nous construire une bonne compréhension de l'ingénierie des SI, tant à un niveau conceptuel que méthodologique.

A un niveau conceptuel, dans le cadre de notre thèse, nous avons pu développer une réflexion (assez avancée pour l'époque) sur la place et le rôle du SI dans l'organisation. Nous avons ainsi introduit les concepts fondamentaux et relativement nouveaux dans le contexte des théories de l'organisation, de mémoire et d'apprentissage collectifs ainsi que celui d'intelligence organisationnelle. Nous avons proposé trois hypothèses articulant ces concepts

et nous permettant d'appréhender les processus informationnels dans l'organisation avec une approche nouvelle, et enfin d'avancer le concept nouveau de "système d'information intelligent", SI permettant à l'organisation d'apprendre et de s'adapter aux évolutions nécessaires que lui impose son environnement.

A un niveau méthodologique, nous avons tout d'abord contribué à l'élaboration de la méthode Merise que l'on peut considérer comme un standard de fait dans une bonne partie de l'Europe. Notre contribution porte plus particulièrement sur la modélisation de la dynamique dans un SI pour laquelle nous avons proposé une architecture fonctionnelle (moniteurs dynamique et fonctionnels). Nous avons ensuite proposé plusieurs niveaux d'abstraction permettant de modéliser les traitements d'un SI à différents niveaux de préoccupation homogènes (niveaux conceptuel, organisationnel et physique), ainsi qu'un formalisme permettant l'élaboration de tels modèles à ces niveaux, formalisme s'inspirant des réseaux de Pétri.

Ensuite, dans la problématique de la mise en oeuvre de l'EDI (Échange de Données Informatisé) dans les entreprises, nous avons tout d'abord introduit le concept de Système d'Information d'Échange Communautaire (SIEC). De tels systèmes peuvent être dotés d'une mémoire propre, d'un système de pilotage assurant une gestion des échanges d'informations au sein d'une communauté tout en préservant l'autonomie de chacun des partenaires de celle-ci (le concept de "plate-forme d'interconnectivité" à d'ailleurs été introduit récemment). On peut alors imaginer toute la complexité de la conception de tels systèmes.

Nous avons aussi proposé un certain nombre d'éléments méthodologiques inspirés de la méthode Merise permettant d'appréhender la conception de SIEC. Cet apport méthodologique ne concerne que la dimension cycle d'abstraction d'une méthode spécifique à la conception de tels systèmes, nous n'avons pas abordé la dimension démarche qui l'a été par ailleurs.

2.3. INGENIERIE DES SIAD ORIENTES CONNAISSANCE

2.3.1. Introduction

Au milieu des années 80, le succès et l'impact des SIAD sur le fonctionnement des organisations restent assez limités. Avec D.Pascot, nous avons expliqué cet état de fait par un certain nombre de limites de ces systèmes [Espinasse &al.86b-87b] :

- ils n'apportent que très peu d'assistance à l'identification/formulation, ou structuration de problème auquel fait face le décideur; ils nécessitent dans la plupart des cas, que celui-ci en ait déjà une formulation adéquate [Landry &al.85];
- ils sont rarement capables d'expliquer d'une manière naturelle pour le décideur, le processus (consistant à construire un modèle abstrait d'une situation concrète pour la traiter avec des opérations mathématiques) qu'ils ont suivi pour proposer une solution;
- ils n'apportent que très peu d'assistance dans la validation des données et des modèles; il est en effet très difficile de garantir que les données dont a besoin le SIAD sont bien les mêmes que celles que produisent les diverses bases de données de l'organisation;
- ils sont rigides, incapables de s'adapter au style cognitif du décideur et à la situation auquel il fait face; une telle adaptabilité ou flexibilité est indispensable [Keen &al.78] [Sprague &al.82].

Ces limitations nous ont semblé pouvoir être en grande partie levées en faisant appel à des méthodes et des techniques de représentation et d'interprétation de connaissances relevant de l'intelligence artificielle (IA). Pour cela nous avons proposé un cadre conceptuel reposant sur une réflexion épistémologique sur la notion de problème [Landry 83] et abordant l'identification, la formulation et la résolution de problème, en tant que processus cognitif d'acquisition et d'organisation de connaissances. Nous avons ensuite proposé un schéma fonctionnel d'un SIAD basé sur le traitement des connaissances faisant apparaître trois fonctions fondamentales :

- la fonction de communication;
- la fonction de formulation;
- la fonction de résolution.

Chacune de ces fonctions est un SBC (Système à Base de Connaissances). Nous avons distingué 2 grands types de connaissances concernées par ces SIAD :

- les connaissances instrumentales rattachées à l'usage de l'outil (le SIAD). Au niveau de la fonction communication, elles permettent d'assurer un dialogue avec le décideur (langage "naturel") et avec des bases de données (langages de requêtes). Au niveau de la fonction résolution, elles impliquent des techniques et méthodes de résolution. Au niveau formulation, elles permettent la définition d'un langage de représentation. Enfin, elles assurent les interactions entre les trois différentes fonctions.
- les connaissances situationnelles sont liées aux situations problématiques tant d'un point de vue représentation (formulation) que solution (résolution). Elles interviennent aussi dans les trois fonctions et peuvent concerner :
 - *des connaissances générales ou spécifiques*;
 - *des savoirs ou des savoir-faire* : les savoirs sont des connaissances que le décideur peut acquérir sur une situation qui lui pose problème mais aussi les connaissances qui lui a été transmises par des livres, des procédures et normes organisationnelles traitant les domaines reliés au problème; les savoir-faire sont des connaissances acquises par la pratique, par exemple les modalités d'utilisation du savoir précédent selon un contexte particulier de situation problématique;

- *des connaissances profondes ou connaissances superficielles* : les connaissances profondes sont relatives à des domaines d'expertise spécifiques et permettent soit de décrire les particularités intrinsèques des objets composant le problème soit d'interpréter ou d'anticiper les comportements de ces mêmes objets (par exemple les lois qui les gouvernent,...); les connaissances superficielles sont celles que l'on développe, par expérience, au contact du problème, lors de la résolution d'une grande quantité de cas semblables. Plus ou moins floues, plus ou moins subjectives, elles peuvent être associées à de nouvelles abstractions, associations entre éléments descriptifs de la situation problématique et les solutions de résolution;
- *des connaissances endogènes et exogènes* : les connaissances endogènes sont liées au domaine d'expertise du décideur, les connaissances exogènes sont liées à des domaines dans lesquels le décideur n'a pas d'expertise suffisante et pour lesquelles il doit consulter des experts de ces domaines.

S'appuyant sur cette réflexion, nos travaux de recherche ont porté sur la conception et la réalisation de nouveaux outils d'aide à la décision, SIAD orientés connaissance mettant en oeuvre des techniques de représentation et d'interprétation des connaissances relevant de l'IA.

Notre recherche nous a conduit tout d'abord à développer un prototype de système expert (SE), le système Exvie, dans le domaine de l'assurance-vie au Canada, prototype réalisé avec le système Snark, développé par Jean-Louis Laurière et son équipe à Paris VI.

De retour en France, nous avons orienté nos travaux sur un environnement de développement de SBC nécessitant l'usage de SGBD pour la gestion et l'exploitation des connaissances, indispensable pour le développement de SIAD utilisant des connaissances stockées dans les bases de données des SI.

Enfin, ces travaux nous ont conduit à une réflexion conceptuelle et épistémologique spécifique. Cette réflexion nous a amené à proposer un nouveau paradigme et un modèle cognitifs de la décision, à préciser l'intérêt et les limites de l'intelligence artificielle classique dans la simulation de processus cognitifs associés aux processus décisionnels, et enfin à envisager sa complémentarité avec les modèles connexionnistes (coopération symbolico-connexionniste développée dans le projet Cogita).

2.3.2. Un prototype de système expert en assurance-vie : EXVIE

Cette recherche a été réalisée à l'université Laval, sous notre responsabilité dans le cadre d'une équipe composée d'étudiants de MBA qui effectuaient leur mémoire (travail à temps plein de 6 à 8 mois). Ces travaux ont conduit à plusieurs publications [Bernier & al.86e] [Espinasse & al.85] [Espinasse & al.86a].

2.3.2.1 Contexte des travaux

Dans les années 80, de nombreux systèmes experts ont été développés dans des domaines très divers (médecine, géologie, mathématiques,...). En management, les trois grands domaines potentiels d'application des systèmes experts (SE) sont le secteur bancaire, le secteur juridique et le secteur des assurances. Ce dernier secteur, intensément concurrentiel, nous a semblé être un secteur privilégié pour le développement de SE en management. Nous nous sommes intéressés plus précisément à l'assurance sur la vie qui représente près de la moitié du marché de l'assurance. Ce choix a été motivé par le fait qu'il existe dans la ville de Québec une expertise reconnue dans ce domaine, que plusieurs grandes sociétés canadiennes ont leur siège social à Québec et enfin la présence d'une Chaire en Assurance et un département d'actuariat à l'université Laval.

En étroite coopération avec la Chaire en Assurance et quatre importantes compagnies d'assurance-vie de la région de Québec¹, nous avons conduit une étude sur l'opportunité de développer des SE. La sélection des risques nous est assez rapidement apparue l'application cible idéale pour notre recherche. En effet, elle s'appuie principalement sur des connaissances

¹ - l'Assurance-vie Desjardins, l'Industrielle Compagnie d'Assurance sur la Vie, la Laurentienne Mutuelle d'Assurance et la Solidarité Compagnie d'Assurance sur la Vie.

assez structurées, clairement définies, mal ou peu documentées et perçues comme difficiles à acquérir et à manipuler par les employés.

L'application cible étant définie, nous avons ensuite identifié avec les compagnies les sources d'expertise qui étaient concernées, puis nous avons défini les modalités d'une coopération entre notre équipe de recherche et leurs experts pour l'acquisition et la représentation de connaissances [Espinasse & al.86a]. Cette tâche terminée, nous avons développé un prototype de SE, le système Exvie [Loiselle 86].

2.3.2.2. Acquisition et représentation des connaissances

La sélection des risques peut brièvement se décrire ainsi : lorsqu'une compagnie reçoit une demande d'assurance-vie, elle doit estimer l'étendue du risque qu'elle prend en charge face aux facteurs d'assurabilité. Après avoir évalué le risque, la compagnie peut alors exiger une prime équitable. La sélection des risques est assurée par un service composé de tarificateurs qui étudient les propositions d'assurance, classent chaque proposant selon son assurabilité et agréent ou rejettent les propositions à l'intérieur de leur niveau de responsabilité. Les tarificateurs sont assistés par du personnel administratif responsable de l'ouverture des dossiers et par un directeur médical. Dans la plupart des compagnies, la structure administrative de ce service est de type pyramidale afin de répartir au maximum la tâche en fonction de l'expérience et du niveau de responsabilité de chaque employé.

Nos rencontres avec les experts des différentes compagnies nous ont permis d'identifier dans la sélection des risques, deux grands niveaux d'intervention possibles des SE :

- apporter une aide aux experts dans des domaines d'expertise connexes à l'assurance, pour aider par exemple l'expert en tarification à mieux évaluer un risque d'ordre médical comme un risque cardiaque ou diabétique;
- apporter une aide au tarificateur junior ou intermédiaire dans toutes les phases d'évaluation du risque, pouvant conduire à une automatisation partielle de la sélection (présélection) et modifier à terme le service à la clientèle;

C'est au second niveau que s'est intéressée notre recherche. Il s'agissait d'abord de fournir une assistance au tarificateur junior ou intermédiaire dans la modélisation du portrait du candidat et ce au niveau de la demande de preuves d'assurabilité supplémentaires. En effet un des problèmes du tarificateur consiste à déterminer le plus rapidement possible le portrait du candidat au moindre coût. La difficulté réside dans la détermination des preuves d'assurabilité minimales pour constituer ce portrait. Le SE peut alors aider le tarificateur en lui suggérant les preuves d'assurabilité requises en fonction de diverses situations et lui éviter certaines erreurs de jugement coûteuses pour la compagnie tout en assurant une consistance, une uniformité dans le traitement des dossiers.

Il s'agissait ensuite de faciliter l'acquisition de connaissances expertes et de schémas de raisonnements par le tarificateur junior et intermédiaire. La décomposition logique du raisonnement suivi et l'aptitude des systèmes experts à justifier les solutions permettent de les utiliser dans un cadre pédagogique. Le système proposé pouvait ainsi servir à transmettre le mode de raisonnements des tarificateurs seniors et experts aux tarificateurs débutants. Il pouvait ainsi permettre une formation uniforme et accélérée de ces derniers. Le système pouvait servir également à générer un manuel de procédures ou du moins les grandes lignes directrices à suivre dans des situations clairement définies.

Les experts et le champ de l'étude identifiés, nous avons procédé à la phase d'acquisition et de représentation des connaissances. Sans nous rapporter à une méthode de génie cognitif particulière, il n'en n'existait à l'époque d'ailleurs pas, nous avons procédé de la façon suivante :

- chacune des 4 compagnies nous a remis 10 cas complets de sélection portant sur différentes situations de risques;
- sur les quarante cas reçus, nous avons effectué une sélection de 10 cas jugés intéressants et moyennement difficiles à résoudre;
- ces cas ont été soumis à chacun des tarificateurs seniors des compagnies lors de plusieurs rencontres; les tarificateurs analysaient les cas en expliquant à voix haute, leurs raisonnements;

- toutes ces rencontres étaient enregistrées et soigneusement analysées par la suite par l'équipe, pour y extraire les granules de connaissances.

Ces rencontres nous ont permis d'explicitier sous forme de connaissances factuelles (faits) et opératoires (règles de raisonnement) un ensemble suffisant de connaissances et de raisonnements utilisés par les tarificateurs seniors :

- les connaissances factuelles : dans son travail d'évaluation du risque le tarificateur doit constituer un portrait le plus fidèle possible du candidat. C'est à partir de ce portrait qu'il évalue le taux de mortalité associé au candidat et calcule la prime ou émet un refus. Pour l'élaboration de ce portrait, il a recours à des connaissances factuelles spécifiques ou générales :
 - *connaissances factuelles spécifiques* : faits reliés à la situation du candidat, c'est le portrait du candidat. Ce portrait est constitué par tous les renseignements sur le candidat provenant de la proposition et des preuves d'assurabilité supplémentaires ainsi que tous les faits que le tarificateur a pu déduire en appliquant des règles de raisonnement sur ces faits et les faits généraux reliés aux facteurs de risques;
 - *connaissances factuelles génériques* : le tarificateur senior interprète le portrait du candidat en fonction de ses connaissances génériques liées à son expérience sur les différents facteurs de risques en sélection; nous avons regroupé ces faits généraux dans différentes bases de connaissances : médicales, activités professionnelles, sports hasardeux, alcools et drogues, antécédents familiaux, habitudes et conditions de vie, pays de résidence, stature (poids et taille).
- les connaissances opératoires : elles concernent les règles qui permettront de simuler les processus cognitifs du tarificateur senior. De nos rencontres avec les tarificateurs, nous avons pu formaliser environ une centaine de règles de type "Si...Alors" exprimées en langage naturel [Espinasse & al.86a]. Certaines de ces règles proviennent directement des normes définies par les compagnies, d'autres sont la résultante du savoir-faire d'un ou plusieurs experts. Nous avons regroupé ces règles en 8 paquets utilisés à différentes étapes du processus d'évaluation du risque :
 - R1 : normes de présélection;
 - R2 : règles d'analyse de l'intérêt assurable et de l'antisélection;
 - R3 : normes et les règles de demandes de preuves supplémentaires;
 - R4 : règles d'interprétation sommaire des renseignements reçus;
 - R5 : règles d'interprétation générales;
 - R6 : normes et règles de calcul du taux de mortalité et de la décision;
 - R7 : normes et règles de soumissions en réassurance;
 - R8 : règles d'interprétation de la décision des réassureurs.

La figure suivante illustre la mise en oeuvre de ces paquets de règles tout au long du processus d'évaluation des risques :

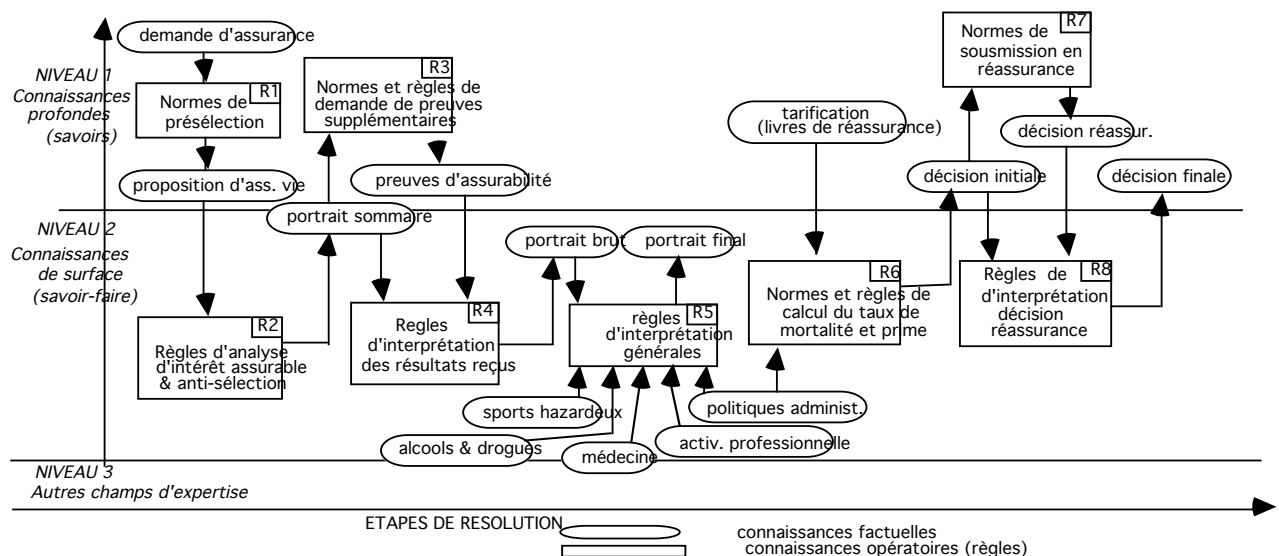


Figure 5 : Les différents types de connaissance manipulées par l'expert en tarification.

Lors de notre étude, nous avons constaté que le principal problème de l'ingénieur cogniticien réside dans l'extraction des connaissances sous forme de règles de production. Lors de l'analyse de cas, les tarificateurs n'étaient pas habitués à une communication de leur savoir et omettaient certaines étapes intermédiaires de leur raisonnement. Ces étapes correspondaient généralement à une part d'implicite, aux réflexes inexplicables mais essentiels pour la compréhension. C'est d'ailleurs pour tenter de casser ce raisonnement implicite (de décompiler leurs connaissances) que nous avons soumis aux experts des cas non traités provenant d'une autre compagnie que la leur. Nous avons aussi choisi un format de présentation de ces cas différent de ceux auxquels ils étaient habitués dans leurs compagnies, ainsi l'expert, connaissant plus ou moins où étaient localisés les renseignements sur la proposition, était forcé de ralentir quelque peu son processus de raisonnement.

2.3.3.3. Le prototype Exvie

Dans la sélection des risques, nous nous sommes limités à la réalisation d'un système de présélection et d'aide à la demande de preuves d'assurabilité supplémentaires à partir des faits provenant de la proposition d'assurance-vie. Comme nous l'avons déjà évoqué, le système Exvie a été développé avec Snark [Laurière 83]. Rappelons qu'en 84, Snark est un système général de représentation et d'interprétation des connaissances basé sur les règles de production, les faits sont des triplets (relations binaires) et les règles permettant l'usage de variables pour chacun des objets du triplet, permettant ainsi d'accéder à la logique d'ordre 0, 1 et 2 (quantificateur universel sur relation). Snark fonctionne en chaînage avant exclusivement, il permet le raisonnement hypothético-déductif (gestion des hypothèses) et l'usage de métarègles.

Exvie se compose d'un module d'interface, d'un système déductif (Snark) et de bases de connaissances (bases de faits, de règles et fiches explicatives) :

- le module d'interface se compose de plusieurs sous-modules, tous développés en langage Pascal et permettant tout d'abord l'acquisition des connaissances factuelles (faits) spécifiques au dossier du candidat à partir d'une proposition d'assurance-vie informatisée, ensuite de construire et modifier plusieurs bases de faits générales à l'aide d'un langage semi-naturel, d'unir plusieurs fichiers de faits et plusieurs fichiers de règles tout en assurant la consistance des faits et des règles;
- la base de faits contient tous les faits du domaine représentés selon la syntaxe proposé par Snark (relations binaires, objet/relation/valeur) entraînant une certaine lourdeur dans l'écriture des connaissances que nous avons limité par le développement des divers outils d'acquisition des connaissances du module d'interface;
- la base de règles contient toutes les connaissances opératoires qui sont exprimées dans la syntaxe Snark par des règles de production (à variables). La base de règles du prototype comporte 97 règles regroupant des règles de connaissances de présélection et de demandes de preuves d'assurabilité supplémentaires, relevant des paquets de règles R1, R2, R3, R4 et R5 (cf. figure précédente);
- les fiches explicatives : à chaque règle de la base de règles nous avons associé une fiche affichée automatiquement lors du déclenchement de la règle. Cette fiche contient une description complète (texte) du pourquoi de l'application d'une règle, les suggestions qu'un tarificateur senior aurait fait dans une telle situation ainsi que les confusions à éviter ou des exceptions curieuses.

Exvie construit une base de faits sur le candidat à partir des informations contenues dans la proposition d'assurance-vie, il détermine ensuite en s'appuyant sur l'expertise des tarificateurs seniors et en se justifiant les preuves d'assurabilité nécessaires pour poursuivre le processus d'évaluation du risque.

Ces travaux de recherche ont démontré que le développement de SE de type Exvie pouvait présenter de nombreux avantages pour une compagnie d'assurance-vie. Exvie permettait ainsi une uniformisation du traitement des dossiers, une diminution des coûts associés aux demandes d'assurabilité injustifiées et pouvait jouer un rôle indéniable de formation. Ce dernier aspect justifie la mise en place opérationnelle du système. En effet, la structure

administrative pyramidale des services de sélection de ces compagnies pouvait entraîner des conséquences importantes et fort coûteuses suite au départ ou à l'absence d'un tarificateur senior et/ou de l'expert. Avec l'utilisation d'un tel SE, il a été admis que les tarificateurs débutants pouvaient acquérir plus rapidement des niveaux d'expertise plus élevés, ce qui pouvait avoir comme conséquence une structure administrative du service beaucoup plus équilibrée et stable. Ces travaux se sont terminés au moment où nous rentrions en France et n'ont malheureusement pas pu, à notre connaissance, conduire au développement de systèmes opérationnels.

2.3.3. Un environnement de développement de SBCs en management

Nous avons ensuite centré nos recherches sur la conception et la réalisation d'un environnement de développement de systèmes à bases de connaissances (SBC) nécessitant l'usage de SGBD pour la gestion et l'exploitation des connaissances. Un tel environnement nous est apparu indispensable pour des domaines d'application dans lesquels une grande part des connaissances sont stockées dans des bases de données ce qui est le cas en management [Wiederhold 84] [Vassiliou & al.84].

Dans cette problématique, nos travaux portent d'une part sur le développement d'un nouveau moteur d'inférences et d'autre part sur le développement d'un couplage fort entre ce moteur d'inférences et un SGBD Relationnel (SGBDR). Ce dernier axe nous a permis de mieux mesurer les différences conceptuelles qui pouvaient exister entre une donnée et une connaissance.

2.3.3.1. Le moteur Snarx

La portabilité et les performances du langage C, ses possibilités d'ouverture avec le système Unix nous ont conduit à collaborer avec Jacques Granier du CEMAGREF à Aix-en-Provence, au développement d'un nouveau moteur d'inférences, le système Snarx. Notre contribution à ce moteur se situe au niveau des fonctionnalités relatives aux mécanismes d'interprétation et à son couplage avec des bases de données relationnelles. Notre collaboration a conduit à la publication d'un manuel d'utilisation de Snarx en 89 [Granier & al.89]. Les développements du moteur, conduits par J.Granier, ont continué dans une perspective de réalisations de SE en conception de systèmes d'irrigation [Granier 86-90].

Tout comme Snark, Snarx est un moteur d'inférence en logique d'ordre 0, 1, 2, fonctionnant en chaînage avant et permettant le raisonnement hypothético-déductif. Il s'inspire fortement de Snark tant en ce qui concerne son langage de représentation des connaissances (règles et faits) que son cycle d'interprétation. Snarx s'écarte cependant de Snark sur les points suivants :

- il est capable de transformer une base de règles en faits et vice versa, fonctionnalités intéressantes dans la perspective de la conception et la réalisation d'un environnement de développement de systèmes à larges bases de connaissances;
- il dispose d'une forte interactivité permettant à l'utilisateur d'interrompre l'interprétation, de lancer des actions/commandes et de relancer l'interprétation;
- dans Snarx le traitement des méta-actions (métaconnaissance d'interprétation) et de la gestion des hypothèses est assuré de façon déclarative. Ainsi, une hypothèse est un objet qu'il est facile de créer et de détruire à partir de actions/commandes du langage de règles. Dans Snark, la gestion des hypothèses introduite par Vialatte [Vialatte 84] n'était pas déclarative, mais intégrée au moteur;
- Snarx est plus "ouvert" tout d'abord sur Unix avec lequel il collabore étroitement, au point de pouvoir exécuter par règles des commandes Unix. Ensuite il est facile d'enrichir le langage de règles par la création de nouvelles actions/commandes au travers de procédures internes (précompilée et modifiant le dictionnaire) ou par des procédures externes développées en C.

Ce dernier point nous est apparu incontournable pour envisager un couplage entre Snarx et un SGBDR.

2.3.3.2. Un couplage fort entre Snarx et un SGBD Relationnel

L'objectif de cette recherche est la conception et la réalisation d'un couplage entre un SGBDR et un moteur d'inférence fonctionnant en logique des prédicats du premier ordre. Le couplage étudié, nécessaire à la conception de système à larges bases de connaissances, doit permettre à un moteur d'inférence l'exploitation des connaissances gérées par un SGBDR. Il doit nous permettre de développer des SIAD orientés connaissance étroitement couplés à des SI dans les bases de données desquels ces SIAD puiseraient des connaissances.

Le modèle relationnel et la logique formelle d'ordre un

Le modèle relationnel par ses bases théoriques mathématiques se prête bien à une représentation logique, particularisation de la logique des prédicats du premier ordre, ceci sous certaines hypothèses [Reiter 84]. La théorie peut être enrichie par des règles de déduction permettant de définir des relations dérivées. Il devient donc théoriquement possible d'implanter un SGBD "déductif" à l'aide d'un démonstrateur de théorème qui délivrerait toutes les démonstrations possibles pour tout théorème donné en appliquant par exemple la méthode de résolution. Ces résultats constituent un apport fondamental car il s'ensuit que des techniques développées en logique, telles que le calcul des prédicats, la démonstration de théorème et l'application de théorème peuvent permettre :

- d'apporter des solutions pour la modélisation conceptuelle et l'extension du modèle relationnel;
- d'incorporer plus de signification (connaissances sémantiques), la gestion des transactions, les contrôles d'intégrité, des connaissances sur la structure de la base et la nature des données (connaissance syntaxique);
- d'améliorer l'usage et l'optimisation des langages de requêtes, en rapprochant le calcul relationnel du calcul des prédicats d'ordre un.

Le couplage conçu et réalisé

Un SGBD déductif étant tout d'abord un SGBD, il doit comporter un langage de description des données pour définir les relations composant la base, et un langage de requête pour manipuler les informations. Puisqu'il est déductif, il doit comporter également un langage d'expression de règles et il faut aussi choisir le modèle interne de données pour stocker les faits et les règles. Pour réaliser cette mutation trois approches sont possibles [Clifford & al.84] [Jarke & al.83] :

- couplage faible : avant toute inférence du moteur, un programme exécute une requête, par exemple en consultation, sur la base de données, il transforme ensuite les données résultats en faits exploitables par le moteur et ajoute ces derniers à la base de faits courante, le moteur peut alors commencer son cycle;
- couplage fort : au cours d'un cycle d'inférence lors de l'exécution d'une règle, une de ces actions demande l'exécution d'une requête sur la base de données. Le cycle du moteur est alors suspendu, la requête est exécutée, les données récupérées sont transformées en connaissances, rajoutées à la base de faits courante et le cycle du moteur est de nouveau actif et termine l'exécution de la règle en cours;
- intégration : il y a intégration complète des mécanismes de déduction au SGBD, ce dernier est alors capable de gérer une base de règles, dispose d'un évaluateur de règles et des opérateurs spécialisés pour réaliser les opérations coûteuses notamment la récursion, il y a fusion du SGBD et du moteur d'inférence.

Avec Snarx nous disposons déjà d'un moteur d'inférence en logique d'ordre 1. Nous nous sommes alors intéressés au couplage fort de celui-ci avec un SGBDR (Ingres). Cette recherche a été conduite avec F.Daumas dans le cadre de son mémoire d'ingénieur CNAM [Daumas 88], mémoire que nous avons dirigé.

Le couplage que nous avons conçu et réalisé entre Snarx et le SGBDR (Ingres), repose sur des procédures internes et externes écrites en langage C intégrant des ordres SQL (Embedded SQL). Ces procédures accèdent à la base de données, sélectionnent les données, transforment les données en connaissances Snarx. Lorsque le moteur a besoin, en cours d'inférences, de consulter ou mettre à jour un fait stocké dans une table de la base de données relationnelle il précise sa requête soit dans une action d'une règle soit dans la partie droite d'une affectation. Les données récupérées sont transformées en faits Snarx (triplets) qui sont rajoutés à la base

de faits courante, le moteur reprend alors le contrôle et l'exécution de la règle qui était suspendu est poursuivi, comme l'illustre la figure suivante :

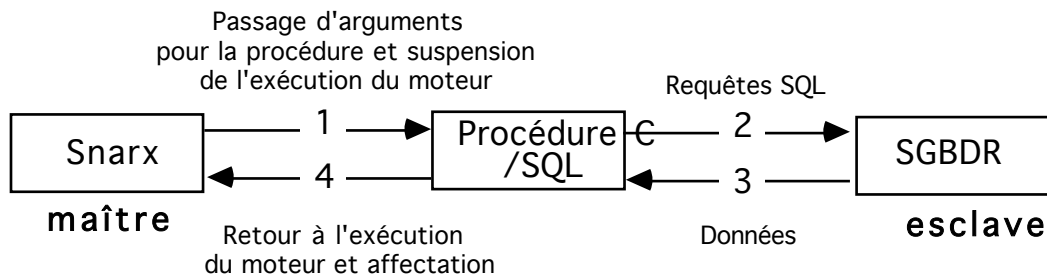


Figure 6 : Architecture du couplage fort Snarx-SGBDR

Nous avons défini un certain nombre d'actions primitives spécifiques à exprimer ce type de requête monotable. Pour nommer ces primitives nous avons utilisé les principales commandes du langage SQL (Select, Update, Insert, Delete, ...). Nous avons expérimenté ce couplage sur une application réelle, un SE pour le dimensionnement et le choix d'un équipement d'irrigation d'une parcelle de culture agricole, développé au CEMAGREF par J.Granier. La règle suivante illustre une requête au SGBDR sur affectation (<-) :

```

REGLE 01
  Si      nature   $X   = parcelle
  Si      nature   $X   = parcelle
  Alors
    nom      $X   <- (SELECT tparcelle  nompar  $X)
FR
    
```

"Si la *nature* de l'objet \$X (variable) est *parcelle* et que le *nom* de cet objet est inconnu alors prendre le nom de la parcelle *nompar* dans la table *tparcelle* de la base de données et l'affecter à la relation *nom*"

Le couplage que nous avons réalisé a donné satisfaction sur les applications de test, mais présente de nombreuses faiblesses d'une part un problème de performance et d'autre part un manque de souplesse. Pour pallier cette dernière faiblesse, il nous a semblé judicieux de concevoir ce couplage comme un SBC, exploitant des connaissances liées d'une part à la syntaxe et la sémantique des données gérées par le SGBD et d'autre part à la représentation et l'interprétation des connaissances adoptée par le moteur d'inférences, permettant ainsi de construire à partir des données des structures de connaissances appropriées. Le couplage ainsi réalisé devant permettre une relative indépendance entre les bases de données et les moteurs d'inférences utilisés. Les mauvaises performances que nous avons déjà nous ont conduit à abandonner cette voie.

2.3.4. Une approche constructiviste de la cognition de la décision

L'assistance des SIAD dans les processus décisionnels concerne l'identification, la formulation et la résolution de problème. Les limitations actuelles de ces systèmes nous semblent pouvoir en partie être levées en faisant appel à de nouvelles techniques de représentation et d'interprétation de connaissances relevant de l'IA.

Parallèlement à nos travaux sur la mise en oeuvre de ces nouvelles techniques, nous avons conduit une réflexion conceptuelle et épistémologique spécifique dont l'objectif est de proposer un nouveau cadre conceptuel nous permettant de développer plus facilement ces SIAD orientés connaissances, en abordant les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissances. Cette réflexion s'est cristallisée autour de la proposition d'un nouveau paradigme (des éléments) et d'un modèle de la décision plus cognitifs.

2.3.4.1. Pour un nouveau paradigme de la décision

Pour avoir une approche orientée connaissance des SIAD, il nous a semblé nécessaire de définir avant tout un nouveau cadre conceptuel nous permettant de répertorier et représenter les connaissances impliquées tout au long du processus décisionnel, et plus particulièrement

lors de l'identification, la formulation de problème. En effet, l'assistance à l'identification, la formulation, la structuration d'une situation problématique, complètement escamotée par la plupart des SIAD, est fondamentale car le rôle d'un décideur ne se réduit pas exclusivement à faire un choix, mais plutôt observer et se construire une certaine compréhension d'un phénomène, d'une situation, un environnement [Feldman & al.81]. Très souvent, une bonne formulation étant faite, la solution s'avère alors triviale.

Pour définir un tel cadre, nous nous devons d'aborder l'aide à la décision avec une approche plus orientée sciences de la cognition. L'approche que nous avons privilégiée est une approche constructiviste, inspirée des travaux de J.Piaget [Piaget 75-79]. Ceci nous a conduit à proposer tout d'abord des éléments à un nouveau paradigme plus cognitif des processus décisionnels basé sur le principe de cohérence (ou principe d'équilibration cognitive).

Si l'on excepte le paradigme de la rationalité procédurale proposé par H.A.Simon [Simon 78], la plupart des modèles descriptifs des processus décisionnels s'accrochent à un paradigme lié à une définition précise de la rationalité. Rationalité limitée, adaptative et politique [De Bruye 81], sont autant d'adaptations de la rationalité à un système de contraintes auquel est soumis le processus décisionnel, contraintes liées aux limites cognitives, à l'incertitude, à l'ambiguïté des préférences, etc.

De nombreuses études critiques de la rationalité ont été proposés [Sfez 73, March 78,...]. Elles n'éliminent pas vraiment la notion de rationalité, elles la transforment considérablement : la rationalité n'est plus celle d'un décideur mais tend à être celle d'un système global ou d'une situation d'interaction. Une alternative originale à la notion de rationalité proposé par P.Huard [Huard 80]², nous a semblé très intéressante et pouvoir sous-tendre un nouveau paradigme plus "cognitif" de la décision. Cette alternative peut se résumer par la formulation des nouveaux postulats suivants [Espinasse 90] :

- au caractère explicite, volontaire et positif de la décision, peuvent être opposés des automatismes largement inconscients;
- le progrès comme raison d'être et justification de la rationalité comme changement orienté peut être remplacé par un mouvement d'unification, de cohérence de la situation existante, qui est liée à une recherche d'identité; principe de cohérence.

Ces deux hypothèses conduisent notamment à ce qu'aux procédures parfaitement discriminantes de la rationalité, peuvent être substituées des procédures d'imitation, de répétition de l'expérience passée, d'assimilation du nouveau à l'ancien (comportements mimétiques).

Le principe de cohérence est très présent en psychologie cognitive comme en psychosociologie. Ce principe est à rapprocher du processus d'équilibration du modèle de l'organisation de l'intelligence de J.Piaget [Piaget 75-79]³. Dans ce modèle, l'adaptation intellectuelle peut être vue comme une mise en équilibre permanente, équilibration, entre un mécanisme assimilateur et une accommodation complémentaire de structures de connaissances; l'individu tend à établir un équilibre dans les rapports entre les différents éléments cognitifs qu'il retient, cet équilibre assure une certaine cohérence aux connaissances retenues. Ce même principe de cohérence se retrouve aussi dans d'autres modèles comme celui de la dissonance cognitive [Festinger 57]. Cette recherche de cohérence s'avère nécessaire afin de construire une certaine stabilité de la structure de connaissance. Le principe de cohérence conduit ainsi à une certaine résistance à toute restructuration importante des éléments cognitifs.

Appliqué à l'étude des processus décisionnels, le principe de cohérence conduit le décideur à rechercher une simplification (de la complexité de la situation problématique auquel il fait

² - Pour Huard, la rationalité tend à "substituer à l'intentionnalité des acteurs, à leur liberté de choix, un déterminisme à la lumière duquel, leur capacité véritable de décision est, malgré les apparences, négligeable ou nulle" [Huard 80].

³ - Notons que le principe de clôture opérationnelle, proposé plus récemment par F.Varela [Varela 79], nous semble être assez voisin du principe de cohérence piagétien.

face) différente de celle postulée par les modèles rationalistes. Face à un problème complexe, le décideur aura souvent tendance à :

- percevoir des problèmes indépendants;
- en incertitude, imposer une signification claire aux événements, une explication globale, plutôt que de se livrer à des calculs probabilistes;
- formuler et résoudre le problème par des croyances, procédures, solutions, qu'il possède déjà en fonction de leurs anciennetés et de leur fréquences d'utilisation.

On observe ainsi un phénomène d'apprentissage, de renforcement. Pour préserver cette cohérence, des moyens importants d'équilibration sont mis en œuvre:

- le renforcement des croyances sera facilité en leur associant des images acquises et des analogies tirées de situations antérieures;
- lorsque de nouvelles informations viennent contredire l'organisation cognitive existante, le décideur pourra affirmer qu'en fait, dans une perspective temporelle plus large, la cohérence est maintenue (cas d'exception), ou rejeter d'autres choix en les considérant impossibles ou possédant des conséquences perçues catastrophiques.

2.3.4.2. Un modèle cognitif constructiviste de la décision

Nous avons proposé ensuite un modèle nous permettant d'étudier les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissances [Espinasse 94b-90]. Dans ce modèle, la décision est définie comme une construction mentale que nous appellerons "construit décisionnel" :

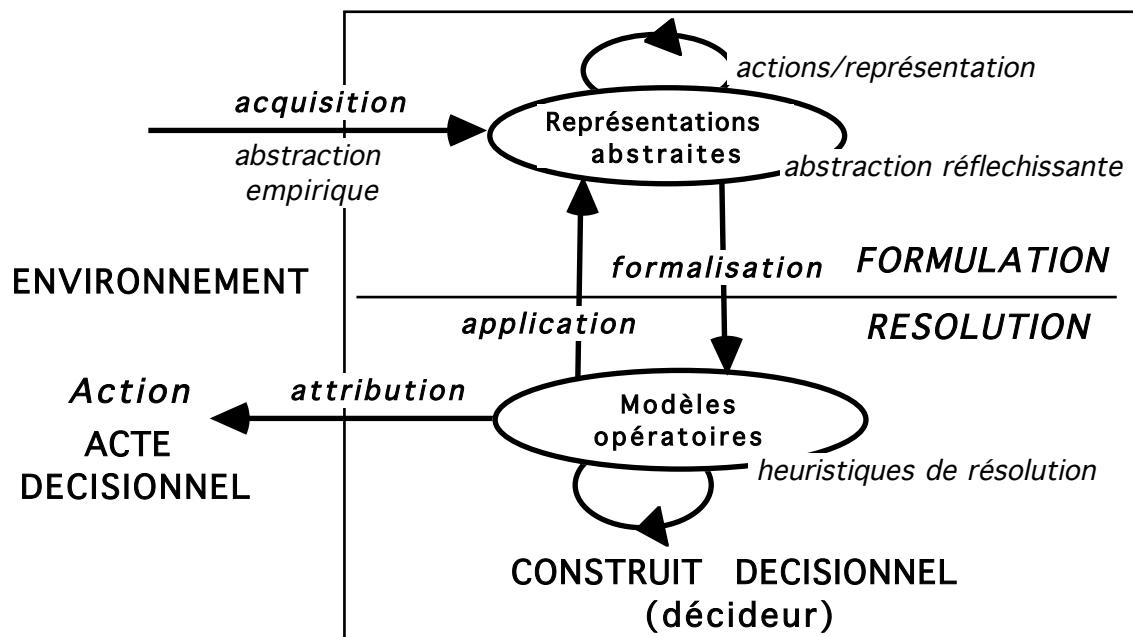


Figure 7 : Modèle cognitif constructiviste de la décision.

Ce construit décisionnel est le processus cognitif de la décision, le raisonnement que développera le décideur. Ce construit décisionnel consiste tout d'abord à l'élaboration d'une ou plusieurs représentations abstraites de la situation posant problème, c'est la phase de formulation. Il consiste ensuite, à partir de ces représentations, à concevoir des modèles opératoires (que l'on peut associer aux Structures Logico-Mathématique de Piaget) permettant de générer des solutions, c'est la phase de résolution du problème. Notons que dans la compréhension des processus décisionnels, plusieurs chercheurs se sont inspirés des travaux de J.Piaget sur l'organisation de l'intelligence [Courbon 84] [Ramaprasad &al.84]. Précisons le contenu de ces deux phases ainsi que leur dynamique d'interaction.

Phase de formulation

La formulation est associée à la perspective génétique du constructivisme : plus de genèse sans structure de même que de structure sans genèse, qui conduit à la construction progressive

de la connaissance [Piaget 79]⁴. La formulation d'un problème sera perçue comme l'élaboration progressive de représentations abstraites de la situation problématique conduisant à une certaine fermeture ou clôture. La clôture de cette formulation assurant sa stabilité, suit le principe de cohérence que nous avons précédemment évoqué, elle conduit à l'élaboration d'une représentation abstraite stabilisée que l'on nommera énoncé formalisé du problème.

En s'inspirant du modèle de Piaget, nous avons précisé les différents processus de transformation des représentations abstraites que le décideur se construit d'une situation problématique :

- précision : amélioration fine de la représentation par une prise en compte de plus de détails (processus de précision);
- généralisation : par une remise en cause, sans grande perturbation fondamentale, afin d'englober ces faits nouveaux; il y a accommodation de la représentation (processus de généralisation);
- complexification : par une remise en cause fondamentale conduisant par exemple à la prise en compte de nouveaux facteurs, de nouvelles variables, de nouvelles relations (processus de complexification, comme déjà proposé par J.C.Courbon [Courbon 84]). Ce processus peut être associé au mécanisme de l'abstraction réfléchissante de Piaget;
- stabilisation : atteinte d'une représentation stable (clôture de la formulation, stabilisation).

Notons que dans le cas de décision collective, cette clôture peut être obtenue par consensus des acteurs sur une représentation abstraite commune légitimée (pouvant être partielle). Enfin, dans le cas de problèmes organisationnels très peu structurés la formulation se fait souvent au niveau de l'argumentation, conduisant les décideurs à développer de façon progressive des arguments comme dans le discours.

Phase de résolution

Les représentations abstraites ainsi obtenues ne sont pas véritablement opérationnelles; elles ne permettent pas de proposer des solutions sur lesquelles reposerait l'acte décisionnel. A partir de ces représentations abstraites, la phase de résolution consiste en l'élaboration de modèles opératoires desquels on peut déduire des solutions globales ou partielles au problème (cf. phase de conception (design) de Simon). Notons que dans les problèmes organisationnels très peu structurés, la phase de résolution peut consister en une démonstration des arguments retenus lors de la phase de formulation.

Dynamique d'interaction entre les phases de formulation et de résolution

Les phases de formulation et de résolution interagissent de façon itérative. Au fur et à mesure que le modèle se conçoit à partir des représentations abstraites, celles-ci s'enrichissent (par application de ce dernier) et conduisent à modifier l'énoncé pouvant conduire soit à une déstructuration du modèle associé, soit à sa structuration, à son renforcement.

Ces déstructurations et restructurations des modèles sont des processus nécessaires à une bonne compréhension d'une situation. Ce cycle itératif est répété plusieurs fois et conduit à rendre le modèle de plus en plus "abstrait" du phénomène observé. Quand les déductions du modèle seront satisfaisantes avec l'énoncé, le modèle est attribué à la situation, c'est ce que l'on appellera l'attribution du modèle.

⁴ - C'est aussi l'interaction dialectique entre le sujet et l'objet, constructiviste dialectique : "...considérer la connaissance comme liée à une action (du sujet) qui modifie l'objet et qui ne l'atteint donc qu'à travers les transformations introduites par cette action..." [Piaget 76]

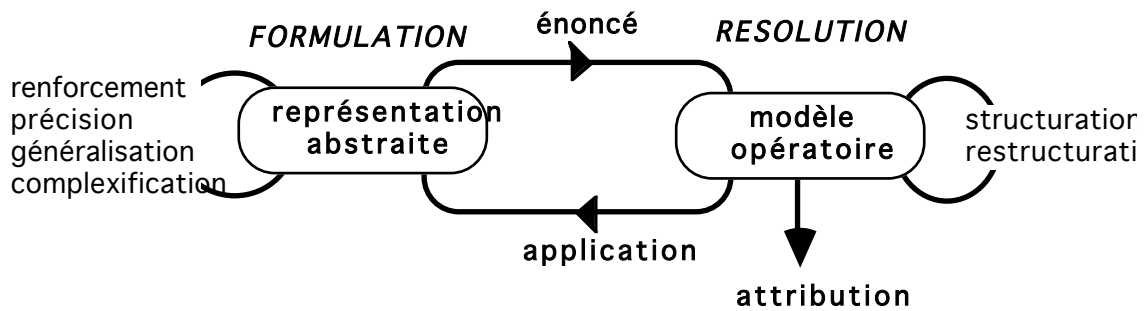


Figure 8 : Cycle itératif entre phases de formulation et de résolution.

Nous nous sommes ensuite intéressés à la simulation des processus cognitifs associés à un processus décisionnel. Issus des mêmes bases théoriques (la théorie de la calculabilité, l'informatique, la cybernétique et la simulation cognitive [Gardner 85]), le connexionnisme et l'IA peuvent être définis de façon générale comme deux grands types de simulations cognitives sur ordinateur, chacun rattaché à une conception particulière de la cognition humaine. Aussi avons nous tenté d'estimer leurs possibles contributions à la simulation de processus décisionnels dans le cadre du modèle cognitif constructiviste de la décision que nous avons proposé.

2.3.4.3. Intelligence artificielle et processus cognitifs

La simulation de processus cognitif en IA se fait grâce au traitement de représentations formelles. Rappelons que ces représentations sont dites symboliques du fait qu'elles signifient quelque chose, mais non du fait qu'il puisse y avoir ressemblance entre un symbole et sa signification. Elles sont caractérisées par :

- une grande clarté : les concepts, formalismes sont assez proches du langage naturel (par exemple la notion de frame), permettant des explications relativement faciles à comprendre;
- une déclarativité faisant qu'elles semblent posséder une signification à l'observateur humain indépendamment de leur utilisation par le système. Ce qui peut être parfois dangereux dans la mesure où cette signification psychologique peut être très différente de la signification de la représentation au sein du système;
- un mode de description quasi verbal, quel que soit le domaine d'application, en résolution du problème (domaine où des processus conscients peuvent être plus ou moins verbalisés), en perception ou en langage naturel (domaines où les processus mentaux sont largement inconscients et très difficiles à verbaliser).

Le type de traitement que l'IA effectue sur ces représentations formelles est purement formel. La signification des expressions symboliques n'est pas requise pour leur traitement par le système alors que celle-ci est intuitivement manifeste pour l'utilisateur humain. Le traitement peut être en grande partie réduit à des systèmes formels de la logique mathématique avec leur dérivation syntaxique. Il est ainsi possible de réaliser une manipulation de symboles en terme de mécanismes permettant une simulation informatique. Cette manipulation se fait avec une séparation de la syntaxe et de la sémantique, ainsi que l'exclusion de significations du processus même de traitement symbolique⁵.

Les représentations symboliques, structurées sont manipulées par des processus adaptés à ces structures (structure sensitive). Les structures de l'IA sont explicites et manipulées en tant que structures (Pattern Matching); aussi jouent-elles un rôle causal important dans le traitement même des représentations. Dans les années 80, ce traitement est principalement séquentiel, le parallélisme est difficile à implémenter. Son contrôle peut y être formalisé de

⁵ - "Même si la réduction de processus mentaux à une manipulation symbolique est heureuse, une pure manipulation syntaxique d'expressions pleines de significations devient paradoxale" J.Haugeland, «Artificial Intelligence : The Very Idea», MIT Press, 1985, dans [Memmi 89].

façon explicite et déclarative, par exemple par l'usage de métaconnaissances (métarègles,...) permettant au système de raisonner sur son fonctionnement. Il reste néanmoins principalement externe et centralisé.

Ces caractéristiques intéressantes de l'IA classique font qu'elle est largement utilisée dans la simulation de processus cognitifs de nature symbolique (réalisations de SE, de solveurs de problèmes, etc.). Mais l'IA présente des limites principalement associées à l'hypothèse qu'elle fait, consistant à penser que les processus cognitifs peuvent se réduire à un langage formel clair proche du langage naturel en terme de contenu sémantique. Cette hypothèse peut expliquer le peu de place réservé à l'apprentissage, notamment la façon avec laquelle ces représentations peuvent avoir été apprises n'est pas pertinente pour être ajoutée à leur contenu, structure et usage. Memmi qualifie cette conception de la cognition, certes de façon excessive, de forme moderne de rationalisme, une conception claire mais souvent trop belle pour être vraie [Memmi 90].

2.3.4.4. Connexionnisme et processus cognitifs

Après quelques succès précoces (le perceptron), les recherches sur les réseaux neuromimétiques ont décliné face à des difficultés tant conceptuelles que techniques, tandis que les recherches dans la voie symbolique prospéraient et conduisaient au succès des SE. Dans les années 80, une somme importante de travaux de recherches [Rumelhart & al.86], donnant parfois lieu à des réalisations spectaculaires, a apporté une nouvelle vitalité à un courant, appelé connexionnisme (ou néoconnexionnisme) le faisant émerger en tant que nouveau domaine de recherche autonome. Les représentations proposées par le connexionnisme (ainsi que leurs traitements), d'un autre niveau de représentation que celles proposées par l'IA., sont caractérisés par :

- une forte distribution : elles sont réparties sur de nombreuses cellules représentant des micro-traités descriptifs (par le biais d'états d'activation, de valuations de connexions). L'ensemble des représentations possibles devient alors important permettant ainsi de représenter et reconnaître des descriptions approximatives;
- une place importante de l'apprentissage : de nombreux modèles distribués utilisent une procédure d'apprentissage pour ajuster leurs poids de connexion afin d'acquérir des régularités. L'apprentissage est considéré comme pertinent pour expliquer la structure des représentations;
- le parallélisme de leur traitement : même si la simulation se fait avec un processeur central non parallèle et si les cellules du réseau sont mises à jour séquentiellement, l'activité de chaque cellule dépend de l'ensemble des cellules voisines. Le traitement est ainsi réparti, en partie de façon redondante, sur de nombreuses cellules, ce qui confère au réseau des capacités de souplesse et de robustesse.

Ces caractéristiques principales du connexionnisme nous sont apparues intéressantes pour la simulation de certains processus cognitifs. En effet, le connexionnisme nous offre un autre niveau de représentation, des types de traitements intéressants et la possibilité de prendre en compte, à ce niveau de représentation, des mécanismes d'apprentissage. Mais les modèles et techniques connexionnistes ont aussi des limites, tant en ce qui concerne le traitement (difficultés à gérer le parallélisme, traiter le séquentiel,...), qu'en ce qui concerne l'interprétation, l'exploitation de structures explicitées par les représentations. La conception de la cognition proposée par le connexionnisme présente un intérêt certain, mais ne nous apparaît en aucun cas suffisante pour la simulation de processus décisionnels.

L'IA offre dès à présent des perspectives intéressantes dans la simulation de processus cognitifs décisionnels de nature symbolique. Plus précisément, en nous référant au modèle constructiviste de la décision que nous avons proposé et présenté plus haut, les techniques relevant de l'IA présentent un grand intérêt dans l'aide à la résolution de problème, de la dérivation d'un modèle résolutoire à partir d'un énoncé formel donné à l'élaboration et la mise en oeuvre de stratégies de résolution. Dans la formulation de problème, il nous a semblé que les techniques de l'IA ne pouvaient à elles seules permettre de développer une aide satisfaisante dans l'élaboration d'un énoncé du problème ainsi que dans l'élaboration et les transformations de représentations abstraites devant conduire à cet énoncé.

Aussi, afin d'aller plus loin dans la simulation de processus cognitifs décisionnels, il nous a semblé judicieux d'investiguer de nouveaux concepts, outils et techniques permettant une distribution à la fois des connaissances et du contrôle, soit en restant symbolique (Intelligence Artificielle Distribuée), soit en s'en écartant (Connexionnisme), soit enfin en couplant ces deux approches, au travers de systèmes articulant des modules symboliques à des modules connexionnistes, systèmes qualifiés "d'hybrides" [Hendler 89]. De tels couplages pouvant servir par exemple au pilotage de réseaux en phase d'apprentissage, à l'élaboration de bases de connaissances symboliques de systèmes experts [Gallant 88], à l'émergence de connaissances symboliques par extraction de traits sémantiques d'un réseau neuromimétique [Bochereau & al.89]. C'est dans cette voie des systèmes hybrides que nous nous sommes ensuite engagé dans le cadre du projet Cogita.

2.3.5. Le projet Cogita

Le projet Cogita a pour objectif d'une part, de poursuivre la réflexion précédemment développée sur la simulation des processus décisionnels et d'autre part, de concevoir et réaliser un environnement prototype permettant de simuler, d'assister de tels processus. Ce prototype, développé en langage C sous Unix sur une machine Sun Sparc, se présente comme un système hybride couplant un réseaux neuromimétique à apprentissage par rétropropagation du gradient avec le moteur d'inférences symbolique Snarx. Ces travaux ont conduit à une communication dans un congrès international en 1990 [Espinasse 90] et plus tard à une publication dans une revue internationale [Espinasse 94b].

Nous allons dans un premier temps exposer brièvement la poursuite de notre réflexion conceptuelle sur les processus décisionnels et leur simulation informatique. Dans un second temps nous présenterons l'architecture et le fonctionnement du prototype Cogita réalisé.

2.3.5.1. Niveaux d'assistance aux processus cognitifs en formulation de problème

Le modèle cognitif constructiviste de la décision que nous avons proposé nous permet de distinguer plusieurs niveaux d'aide aux processus décisionnels tant en ce qui concerne la formulation que la résolution de problème. Pour l'aide à la formulation, qui nous intéresse plus particulièrement, nous avons définis trois niveaux d'assistance possibles et associé à chacun de ces niveaux, les modèles ou techniques qui nous semblent les plus indiquées pour réaliser cette assistance :

- Niveau 1 : assistance à la formulation d'un énoncé formel. Dans l'aide à la formulation d'un énoncé formel de problème, l'IA apporte déjà un certain nombre de solutions au travers de langages de très haut niveaux pour la formulation d'énoncés de façon déclarative. Ainsi certains "résolveurs de problèmes" déjà développés apportent une aide à ce niveau en permettant dans un langage spécifique de spécifier et re-spécifier un énoncé, et acceptant de multiples variantes possibles de cet énoncé, citons les systèmes Alice [Laurière 76], Promat [Bourgine 89], conçus pour déclarer des énoncés de problèmes de recherche opérationnelle;
- Niveau 2 : passage de l'énoncé au modèle résolutoire. L'énoncé formel étant formulé (clôture de la phase de formulation), il s'agit d'en dériver un modèle de résolution. Dans certains résolveurs de problèmes (Alice, Promat,...), l'élaboration d'un modèle de résolution à partir d'un énoncé formel est automatique. Selon les déductions de ce modèle (application du modèle), un retour sur une nouvelle formulation de l'énoncé peut s'imposer. Le va-et-vient entre formulation et résolution se poursuit jusqu'à l'obtention d'un point fixe (attribution du modèle), marque d'un "satisficing" [Simon 76]. A tout moment, l'initiative de reformulation reste à l'utilisateur. De nombreux problèmes de gestion des approvisionnements, de production, et de distribution peuvent être traités selon un tel va-et-vient;
- Niveau 3 : Assistance à l'élaboration de représentations abstraites. C'est l'assistance la plus délicate à concevoir et à réaliser, elle est pourtant vitale dans le cas de problèmes très mal structurés. Il n'existe pratiquement pas d'outils appropriés. On peut imaginer des systèmes permettant d'élaborer des représentations abstraites, et

disposant d'un certain nombre d'opérateurs de transformations mis en oeuvre de façon quasi automatique jusqu'à l'atteinte d'une cohérence, d'une stabilité, d'un équilibre à définir. Ces opérateurs de transformation doivent être capables de construire et organiser de nouvelles connaissances sur le problème, mais peut-être aussi des connaissances sur le comportement du décideur.

2.3.5.2. Nature symbolique ou associative des processus cognitifs en formulation

La formulation d'un problème peut être définie comme un ensemble de processus cognitifs, d'acquisition et d'organisation de connaissances, qu'effectue le décideur. Une assistance à la formulation nécessite une meilleure compréhension des processus cognitifs mis en jeu. Il semblerait que la cognition humaine présente un double mode de fonctionnement : le mode associatif et le mode symbolique. Le mode associatif caractérise des traitements associatifs et globaux directement associés à des données perceptives ou à des états mentaux. Ces traitements associatifs interfèrent par le biais de processus de contrôle ou de concurrence avec des traitements logiques constituant le mode logique ou symbolique. Ainsi nos processus cognitifs symboliques sont "ancrés" dans le perceptif et interagissent constamment avec lui.

D'une façon générale, répondre à une question complexe, établir un diagnostic ou analyser une situation pour en tirer des conclusions, conduit à des activités cognitives de niveau soit associatif (perceptif, intuitif), soit symbolique (logique, raisonnement) :

- Le niveau symbolique est le niveau privilégié par la verbalisation, l'explicitation, l'explication. Il est associé aux représentations et traitements symboliques, auxquels s'est principalement intéressé l'IA. En IA un processus cognitif est modélisé par une manipulation de représentations symboliques structurées, selon un certain nombre de règles formelles;
- Le niveau associatif n'est pas nécessairement rattaché à la représentation symbolique. Un processus cognitif d'association sera rattaché plutôt à une adaptation d'un système de représentation par accumulation d'associations. L'association d'une interprétation à une situation (formulation) ou d'une solution à un problème (résolution), sera le résultat d'un mécanisme d'équilibration entre différentes connaissances, structures cognitives dont dispose le décideur. Ce mécanisme d'équilibration peut être perçu comme un processus de satisfaction de contraintes. Chaque association ne résultera pas nécessairement d'un raisonnement logique, mais comme une macro-corrélation résultant de micro-corrélations entre et à l'intérieur de patterns, de représentations associés (équilibration, propagation de contraintes multiples) [Amy 90]. Ces processus cognitifs peuvent être modélisés au moins en partie, à l'aide de réseaux connexionnistes.

Très souvent, le niveau associatif précède le niveau symbolique. Notons que ce niveau associatif sera majeur en phase de formulation alors que le niveau symbolique le sera en phase de résolution. Ceci peut être illustré par la démarche du mathématicien qui trouvera un théorème puis construira une preuve élégante ensuite: il y a formulation au niveau intuitif, associatif puis résolution au niveau symbolique, logique.

2.3.5.3. Architecture générale de Cogita : hybridation symbolico-connexionniste

L'intelligence artificielle offrait ainsi des perspectives intéressantes dans la phase de résolution, plus précisément dans la formulation d'énoncé formel, la dérivation d'un modèle résolutoire à partir de cet énoncé, l'élaboration et la mise en oeuvre d'heuristiques. Le connexionnisme devrait avoir son intérêt dans l'aide à la formulation plus précisément dans l'élaboration de représentations abstraites, pas nécessairement de nature symboliques, devant conduire à un énoncé formel. L'élaboration de telles représentations relevant plutôt du "sub-cognitif", c'est à dire ce qui se situerait au dessous du 100 milli-secondes et concerne le lien entre la perception et la cognition.

Les techniques d'IA s'avèrent limitées dans la modélisation et la simulation de processus cognitifs de nature plutôt associative (perception, apprentissage). De même les techniques

connexionnistes sont limitées dans la réalisation de tâches cognitives nécessitant à la fois des fonctionnalités de perception de "bas niveau" et des capacités de raisonnement symbolique de "haut niveau". Cependant le traitement de nombreux problèmes nécessite la mise en oeuvre conjointe de ces deux modes de résolution, le symbolique et l'associatif, par exemple :

- problèmes de planification : lorsqu'il est nécessaire de percevoir des stratégies d'autres agents avant d'élaborer de façon raisonnée et intelligente une stratégie de réponse (neutralisation, accompagnement,...);
- contrôle et test de processus : lorsqu'il est nécessaire de coupler des systèmes experts de pilotage à des systèmes de perception, de reconnaissance de forme.

Le développement de systèmes artificiels pour résoudre de tels problèmes conduit à envisager des systèmes qualifiés d'"hybrides". Afin de combiner de façon judicieuse les avantages des deux approches, ces systèmes mettent en oeuvre d'une part, des modules connexionnistes (techniques de réseaux neuronaux) pour traiter des tâches "associatives" qui demandent flexibilité et ajustement progressif et d'autre part, des modules symboliques (techniques de l'intelligence artificielle) pour les tâches "symboliques", conduisant à des raisonnements logiques. On peut distinguer trois grands types d'hybridations possibles selon leur finalité :

- hybridation connexionniste : il s'agit d'enrichir un processus associatif utilisant des modèles connexionnistes, par la mise en oeuvre de techniques symboliques, comme développée dans [Gallant 88];
- hybridation symbolique: il s'agit d'enrichir un processus symbolique utilisant des techniques d'intelligence artificielle par la mise en oeuvre de modèles connexionnistes, comme proposé par N.Giambiasi et son équipe [Giambiasi &al.89];
- hybridation coopérative: il s'agit d'assurer une complète coopération entre processus associatifs et symboliques, comme développé par J.Hendler dans [Hendler 89].

C'est à ce dernier type d'hybridation que nous nous sommes intéressés dans le projet Cogita. Elle consiste en un couplage fort entre modules symbolique et connexionniste, pour assurer leur coopération dans la réalisation d'une tâche commune. Nous nous sommes fixés comme première application de cette hybridation, la reconnaissance de similarités de perception. Des réseaux neuronaux permettent de développer, par apprentissage sur une base d'exemples, des représentations internes correspondant grossièrement à un ensemble de "micro-traits", symboliquement non identifiables, pouvant être utilisés pour déterminer des similarités d'un ensemble d'entrées, exploitées ensuite dans un module symbolique.

Comme l'illustre la figure suivante, l'architecture générale de Cogita repose sur deux modules :

- le module connexionniste : il permet l'élaboration et la manipulation de représentations distribuées faisant émerger des micro-traits au sein des réseaux neuronaux. Ce module est constitué de réseaux multicouches en apprentissage par retropropagation du gradient. Les entrées d'un tel réseau sont codées à partir d'un ensemble de faits observables de l'environnement (1). Le but étant de constituer des classificateurs sur les entrées codées. Les sorties du réseau sont reliées à des noeuds "interfaces" du réseau sémantique du module symbolique. Nous avons réalisé ce module de Cogita à partir de programmes développés en C dans PDP [Rumelhart &al.86];
- le module symbolique : il a pour objet l'élaboration et la manipulation de représentations symboliques au travers d'un réseau sémantique. Ce module est constitué d'un langage de représentation et interprétation des connaissances, Snarx [Granier &al.89]. La représentation des connaissances est de type réseaux sémantiques (triplets <objet, relation, valeur>), l'interprétation est réalisée par des règles de production à variables, utilisées en chaînage avant et disposant d'actions primitives spécifiques à la création, au pilotage et l'exploitation de réseaux neuronaux du module connexionniste.

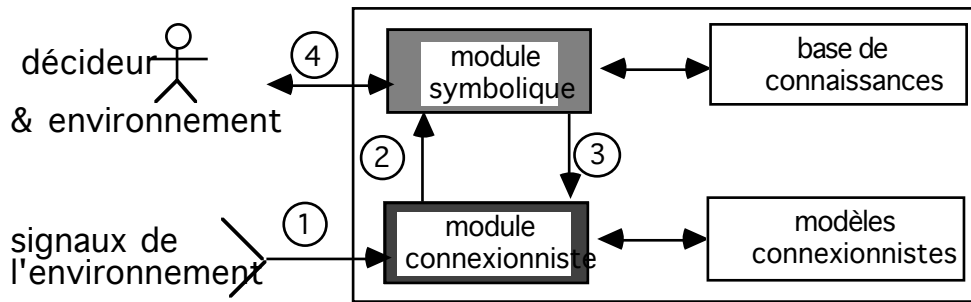


Figure 9 : Architecture générale de Cogita

2.3.5.4. Dynamique de l'hybridation symbolico-connexionniste dans Cogita

Dans cette hybridation il y a coopération pour réaliser une même tâche à deux niveaux différents; le réseau sémantique à un niveau symbolique, d'explication et le réseau connexionniste à un niveau associatif, de perception. Le fonctionnement de cette hybridation s'inspire de celui proposé par Hendler [Hendler 89] mettant en oeuvre l'algorithme du "marker-passing". Schématiquement, Cogita a pour premier objectif de combler un manque d'information au niveau symbolique par une propagation d'activité du réseau sémantique vers le réseau connexionniste et inversement. La dynamique de cette hybridation coopérative peut, sur la figure précédente, se résumer ainsi :

- (1) - l'environnement fournit un ensemble de faits observables desquels le module connexionniste extrait des classifications et corrélations;
- (2) - le module connexionniste transmet au module symbolique des catégories, des corrélations, des séquentialités observées pouvant modifier les représentations ou le traitement symboliques;
- (3) - le module symbolique influe sur le module connexionniste par exemple sur l'architecture du réseau neuronal, la conduite d'apprentissage, des mécanismes de renforcement de corrélations,...;
- (4) - le décideur ou l'environnement fournissent un ensemble de faits observés au module symbolique sur lesquels un raisonnement logique reposera.

Dans un premier temps, l'apprentissage des poids des connexions du réseau à partir d'un ensemble de faits observables de l'environnement (1), conduit le réseau à construire une représentation distribuée faisant émerger des micro-traits. Les poids conduisant aux cellules de sortie du réseau neuronal peuvent être utilisés pour réaliser un raisonnement par similarité. Ces micro-traits sont pris en compte au niveau des noeuds interfaces du réseau sémantique du module symbolique (2) et propagés en son sein (activation symbolique, énergie fournie par le réseau connexionniste au réseau sémantique). En faisant référence au modèle constructiviste de la décision que nous avons proposé, ceci correspond à un transfert d'une représentation abstraite vers un modèle opératoire.

Dans un second temps, des faits observés au niveau symbolique et communiqués au système par exemple par le décideur (4) ou des inférences effectuées dans le réseau sémantique du module symbolique, via les noeuds interfaces du réseau sémantique, fournissent une énergie d'activation (activation numérique) au réseau connexionniste (3). Les concepts symboliques, maintenant plus étroitement reliés par inférences, feront augmenter l'énergie de cellules du réseau connexionniste. Ces cellules propageront au réseau sémantique (activation symbolique), des micro-traits plus adaptés. En faisant référence à notre modèle constructiviste de la décision, cela correspond à un transfert d'un modèle opératoire vers une représentation abstraite.

La figure suivante illustre de façon plus détaillée la dynamique de cette hybridation coopérative, notamment les activations symbolique et numérique que nous avons tenté de réaliser :

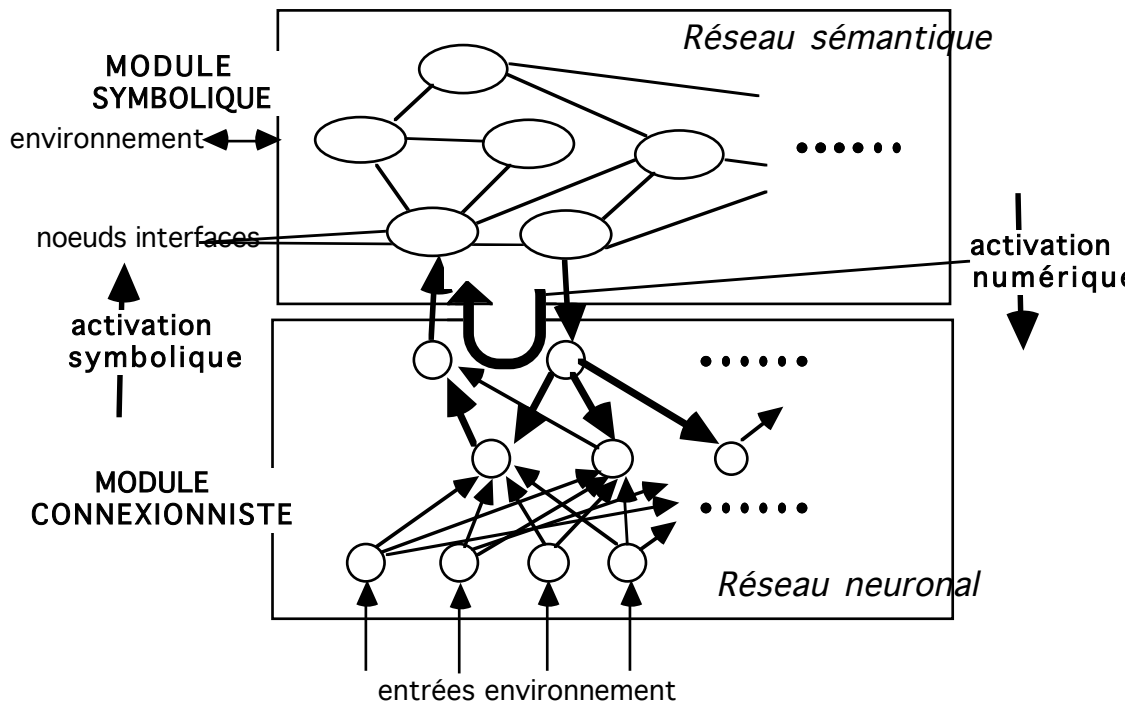


Figure 10 : Dynamique de l'hybridation coopérative.

2.3.6. Conclusion

Les travaux de recherche que nous avons menés durant cette période de 1979 à 1990 sur l'ingénierie des SIAD nous ont conduit tout d'abord à préciser un certain nombre de faiblesses et limites des SIAD traditionnels. Ces limites et faiblesses nous ont semblé pouvoir être en grande partie levées en faisant appel à des techniques de représentation et d'interprétation de connaissances relevant de l'intelligence artificielle (IA). Nous nous sommes alors intéressés à la conception et la réalisation de nouveaux systèmes mettant en oeuvre des techniques relevant de l'IA.

Notre recherche nous a tout d'abord conduit à développer un prototype de système expert, le système Exvie, dans le domaine de l'assurance-vie. Ces travaux nous ont permis d'une part, de mieux mesurer les difficultés liées à l'acquisition, la représentation des connaissances et la nécessité de disposer de méthodes adaptées et d'autre part, de mieux maîtriser des outils de l'IA par la mise en oeuvre du moteur d'inférences Snark.

Parallèlement à ces travaux, nous avons conduit une réflexion dont l'objectif était de proposer un nouveau cadre conceptuel nous permettant de développer plus facilement ces SIAD orientés connaissances. Cette réflexion nous a conduit à proposer des éléments pour un nouveau paradigme de la décision, ainsi qu'un modèle de la décision cognitif, abordant les processus décisionnel en tant que processus cognitif d'acquisition et d'organisation de connaissances. Ces processus cognitifs décisionnels conduisaient soit à développer des activités cognitives de nature soit associative (perceptif, intuitif), soit symbolique (logique, raisonnement).

Nous avons ensuite tenté d'identifier la possible contribution à la simulation de ces processus cognitifs, de grands types de simulations cognitives sur ordinateur, l'IA et le connexionnisme. L'IA se prête bien à la simulation de processus cognitifs décisionnels de nature symbolique. Plus précisément, en nous référant au modèle constructiviste de la décision que nous avons proposé, les techniques relevant de l'IA présentent un grand intérêt dans l'aide à la résolution de problème, de la dérivation d'un modèle résolutoire à partir d'un énoncé formel donné à l'élaboration et la mise en oeuvre de stratégies de résolution.

Dans la formulation de problème, les techniques de l'IA ne peuvent à elles seules permettre de développer une aide satisfaisante dans l'élaboration d'un énoncé du problème ainsi que dans l'élaboration et les transformations de représentations abstraites devant conduire à cet

énoncé. Les modèles connexionnistes semblent plus adaptés. Aussi, nous nous sommes intéressé à faire coopérer ces deux approches (IA et connexionniste) en développant un système hybride articulant (hybridation coopérative) un réseaux neuromimétique multicouche à apprentissage par rétropropagation du gradient et un moteur d'inférences symbolique (Snarx).

Ces travaux nous ont ainsi permis d'appréhender une nouvelle forme de simulation cognitive que permettent les modèles connexionnistes. La mise en oeuvre de ces modèles et la réalisation de cette hybridation coopérative nous a posé d'importants problèmes :

- problèmes techniques : performance importante requise pour l'apprentissage de réseaux neuromimétiques, ...;
- problèmes méthodologique : choix d'une architecture de réseaux neuromimétiques, conduite du processus d'apprentissage, ...;
- problèmes conceptuels : émergence de traits symboliques dans un réseau neuromimétique,....

Ces problèmes nous ont conduit à considérer cette hybridation coopérative comme actuellement trop ambitieuse. Nous avons ainsi décidé de revenir sur une simulation cognitive exclusivement symbolique en essayant de tirer parti de nouvelles approches qui commençaient à ce développer dans la communauté scientifique, l'IA Distribuée (IAD) et les Systèmes Multi-Agents (SMA) qui nous semblaient plus prometteuses. Il n'en reste pas moins que le concept d'hybridation coopérative, faisant coopérer une simulation symbolique et une simulation connexionniste, nous apparaît encore pertinent.

3. TRAVAUX DE RECHERCHE DE 1990 A 1994

3.1. PROBLEMATIQUE GENERALE

Durant cette période, nos activités de recherche se poursuivent au laboratoire GRASCE jusqu'en 1992, souvent en collaboration avec l'Institut Systèmia et l'École des Mines d'Alès en partenariat dans des contrats de recherche. A partir de 1992, dans le cadre de la restructuration de la recherche en informatique sur Aix-Marseille souhaitée par la DRED et le CNRS, nous rejoignons, avec des collègues informaticiens du GRASCE, le laboratoire DIAM (Département d'Informatique, d'Automatique et de Mécatronique), département de recherche nouvellement créé à l'Université d'Aix-Marseille III, plus précisément au sein de l'IUSPIM (Institut Universitaire des Sciences pour l'Ingénieur de Marseille). Le DIAM, sous la direction du Professeur Eugène Chouraqui, a été reconnu "jeune équipe" par la DRED en 1994.

La problématique générale de nos recherches pour cette période porte sur l'Ingénierie (Conception et Réalisation) des SI Intelligents. On entendra par SI Intelligents, des SI permettant à des organisations, plus particulièrement socio-économiques (d'autres types d'organisation pouvant être envisagées) de développer des comportements leur permettant de s'adapter, d'évoluer face aux sollicitations de leur environnement.

Compte tenu de la complexité des organisations concernées, de tels SI devront être distribués et coopératifs et ils ne concerneront plus seulement les informations dont ces organisations ont besoin, mais intégreront de plus en plus des connaissances (savoirs et savoir-faire).

L'ingénierie des SI intelligents sera abordée tant d'un point de vue méthodologique que technique :

- d'un point de vue méthodologique, on s'intéresse à la modélisation de systèmes complexes afin de mieux les comprendre, de concevoir et réaliser des systèmes artificiels de traitement d'information qui leur soient associés :
 - l'approche privilégiée est toujours l'approche constructiviste (inspirée des travaux de Piaget) développée lors de nos précédentes recherches et dans laquelle la formulation et la résolution de problèmes peuvent être définies comme des processus progressifs d'acquisition et d'organisation de connaissances;
 - dans la modélisation et l'organisation de ces connaissances on privilégiera l'approche objet et plus dernièrement l'approche systèmes multi-agents (SMA);
- d'un point de vue technologique, il s'agit de concevoir et réaliser des systèmes de traitement de l'information distribués et coopératifs dans lesquels la connaissance joue un rôle important, en privilégiant :
 - la mise en oeuvre de techniques orientées objet ou agent, développées dans le domaine du génie logiciel (conception et programmation orientées objet);
 - les systèmes distribués et coopératifs dans le domaine de l'IA Distribuée (IAD) dans laquelle se développent les systèmes multi-agents (SMA).

Tout en restant dans la continuité de nos recherches antérieures, la problématique de notre recherche à partir de 1990, s'articule ainsi autour de deux grands thèmes structurants majeurs :

- l'ingénierie des systèmes d'information orientée objet;
- l'ingénierie des SIAD multi-agents, pour la compréhension, la simulation, l'aide aux processus décisionnels complexes (Intelligence Artificielle Distribuée).

3.2. INGENIERIE DES SYSTEMES D'INFORMATION ORIENTEE OBJET

3.2.1. Introduction

A l'heure où l'information n'est plus seulement considérée comme une ressource opérationnelle mais aussi comme une ressource stratégique pour l'entreprise, les SI de cette dernière deviennent des facteurs de différenciation par rapport à ses concurrents. On assiste actuellement tout d'abord à une complexification, une différenciation croissante des SI de l'entreprise considérée en tant que système autonome, ensuite à une certaine intégration de ces SI au sein de systèmes d'entreprise, et enfin à l'incorporation dans ces systèmes de plus en plus de connaissances ou savoir-faire de l'entreprise.

Nous avons tenté de cerner ces différentes tendances de complexification, différenciation et intégration au travers d'une typologie actualisée des systèmes d'information de l'entreprise dans une note de recherche [Espinasse 92b]. En nous appuyant sur un cadre conceptuel systémique, nous avons présenté une typologie des systèmes d'information distinguant quatre grands types de systèmes d'information : opérationnels, de pilotage managérial, stratégiques et globaux. Nous présentons ces différents types de systèmes d'information en précisant leurs fonctionnalités de couplage entre les niveaux opérationnel et de pilotage de l'entreprise.

Nous avons ensuite développé durant cette période trois types de travaux concourant à faciliter ce mouvement de complexification, différenciation et intégration :

- un premier type de travaux de recherche, développé en collaboration avec la société Cecima, concerne des extensions des modèles et formalismes de la méthode Merise, rendues nécessaires par l'accroissement de complexité des SI à concevoir et l'évolution des fonctionnalités des outils permettant de les supporter (SGBD, langages de 4^e génération, architecture client-serveur,...).
- un deuxième type de travaux de recherche concerne une évolution profonde de la méthode Merise vers une approche objet, plus précisément par un apport de la méthode Hood. Ces recherches sont actuellement conduites dans le cadre du projet Merise+, rassemblant plusieurs partenaires industriels et subventionné par le Ministère de l'Industrie.
- un dernier type de travaux de recherche porte sur le développement de SI centrés sur les savoir-faire. Ces travaux sont actuellement conduits dans le cadre d'un projet de recherche européen du programme BRITE-EURAM de l'UEE, dans lequel l'Institut Systèmia est partenaire.

3.2.2. Extensions des modèles et formalismes de Merise

La méthode Merise a été développée à la fin des années 70 sous l'égide du Ministère de l'Industrie [CTI 79]. La diffusion de cette méthode est un succès, tant en France où elle fait office de standard que dans une partie de l'Europe, où elle est adoptée avec parfois quelques aménagements mineurs. En 91-92, avec Dominique Nanci de la société Cecima, nous avons travaillé sur des extensions⁶ de la méthode Merise devant conduire à une seconde génération, notamment :

- l'émergence de nouveaux modèles (Modèle Organisationnel de Données, Modèle Logique de traitements), conduisant à considérer maintenant quatre niveaux d'abstraction dans Merise (conceptuel, organisationnel, logique et physique) et en conséquence huit modèles;
- des extensions du formalisme Entité-Relation aux types et sous-types (conduisant à la généralisation et à la spécialisation) et à la spécification de contraintes d'intégrité sémantiques.

⁶ - Les extensions que nous avons proposés s'appuient sur divers travaux développés dans la communauté des chercheurs et consultants en SI (notamment le groupe 135 de l'AFCEC).

Ces travaux ont conduit à l'écriture d'un ouvrage, «Ingénierie des Systèmes d'Information avec Merise : vers une seconde génération», publié aux éditions Sybex [Nanci &al.92b]. Nous ne développerons ici que quelques extensions proposées.

3.2.2.1. Problématique du Modèle Organisationnel de Données

La modélisation conceptuelle des données vise à représenter la signification des informations utilisées dans un domaine d'activité de l'entreprise sans tenir compte de contraintes organisationnelles, économiques ou techniques. Elle exprimait des objets concrets ou abstraits, des associations entre ces objets et des informations descriptives, formalisées en termes d'individus, de relations et de propriétés. La modélisation organisationnelle des données que nous avons développé [Nanci &al.92b], permet de prendre en compte des éléments organisationnels relevant de l'utilisation des ressources de mémorisation :

- le choix des informations à mémoriser "informatiquement";
- la quantification (ou volume) et l'historisation des informations à mémoriser;
- la répartition organisationnelle des données informatisées par types d'unités organisationnelles;
- la sécurité des données en définissant pour chaque type d'acteurs d'une unité organisationnelle, ses droits d'accès aux informations mémorisées.

Ces différentes préoccupations nous ont conduit à définir deux niveaux de modélisation organisationnelle des données :

- le niveau d'un MOD global, directement dérivé du MCD (Modèle Conceptuel de Données);
- un niveau local, le niveau des MODs Locaux, spécifiques chacun à un type d'unités organisationnelles. Les MODs locaux seront dérivés du MOD global en prenant en compte des choix d'organisation.

Les modèles organisationnels de données s'expriment avec le même formalisme que le MCD (Entité-Relation) auquel on ajoute quelques notions complémentaires. Dans ces dix dernières années d'utilisation de la méthode Merise, les concepteurs ont pu, sans difficulté, considérer ce MOD comme un affinement du MCD, intégrant les conséquences des choix organisationnels cohérents avec le MOT (Modèle Organisationnel des Traitements). Le MOD apparaît donc comme une représentation, exprimée avec le formalisme E-R, des informations qui seront mémorisées informatiquement compte tenu des volumes, de la localisation et des droits d'accès, sans encore tenir compte des conditions de structuration, de stockage et de performance liées à la technologie de mémorisation informatique qui sera utilisée. A l'heure des bases de données distribuées et réparties, cette modélisation organisationnelle des données s'avère incontournable.

3.2.2.2. Extensions du formalisme Entité-Relation

Le formalisme Entité-Relation (E-R) connaît depuis plus d'une dizaine d'années, une diffusion sans cesse croissante dans le domaine de la conception de SI. Ce formalisme est ainsi intégré dans de nombreuses méthodes de conception, dont la méthode Merise, pour développer des modèles de données. La modélisation que permet ce formalisme met l'accent sur la sémantique des données ainsi que des liens qui peuvent exister entre elles. Dans cette modélisation, le formalisme E-R offre tout d'abord un support de communication entre différents acteurs (concepteurs et utilisateurs) et ensuite permet la mémorisation d'un discours formel.

Une dizaine d'années d'usage par des professionnels et des universitaires a fait naître une attente d'extensions de ce formalisme afin de répondre à une série de limitations du formalisme actuel et permettre d'élaborer des modèles de données sémantiquement plus riches. L'évolution du formalisme E-R a été rendue nécessaire pour deux grands types de raisons :

- l'évolution des outils techniques mis en oeuvre dans la réalisation des SI, principalement :

- les tendances du génie logiciel à l'approche objet, de plus en plus populaire conduisant à multiplier les développements dans des langages objet (C++, Ada, Eiffel, SmallTalk,...);
- l'évolution des fonctionnalités des SGBDR du marché, notamment l'apparition de capacités de déduction au travers de langages de règles (Postgres-Ingres,...) et d'environnements de quatrième génération dont la philosophie est résolument orientée objet.
- l'évolution des besoins en modélisation des concepteurs de SI dû à la maturité croissante tant des concepteurs que des utilisateurs vis à vis du concept de SI. On assiste alors à une complexification des SI à concevoir et en conséquence de leurs modélisations. Cette complexification doit être située dans la problématique même de la modélisation des données en E-R :
 - elle implique tout d'abord fortement le concepteur dans son oeuvre. Dans la conception d'un même SI, il n'est pas rare d'aboutir avec plusieurs concepteurs, à plusieurs modélisations, parfois très différentes et toutes pertinentes. Cette subjectivité est en grande partie liée à l'appréciation de l'importance relative des différents concepts rentrant dans le modèle au travers du choix des entités et des relations;
 - elle organise des objets informationnels (entités et relations) à partir de leur définition sémantique intrinsèque. Or ces objets ainsi définis doivent pouvoir être manipulés par la suite par des traitements, programmes ou utilisateurs, ce qui peut engendrer des tensions entre leur sémantique propre et les actions de manipulation qu'ils peuvent subir;
 - elle a pour finalité de guider les concepteurs vers la recherche d'invariants qui donneront au modèle conçu une certaine stabilité. Ces invariants lui permettront de s'adapter aux éventuelles évolutions du SI dans son ensemble. L'émergence de ces invariants est fondamentale et le concepteur doit être conscient qu'il doit contribuer à l'émergence mais pas la créer.

Pour répondre à l'évolution des outils techniques, les extensions proposées ont pour objectifs :

- d'améliorer la rigueur du formalisme dans l'expression de contraintes d'intégrité sémantiques pouvant être directement exploitées à un niveau logique, par exemple déclarées dans des SGBD le permettant;
- d'intégrer des considérations de comportement des données, notamment par la prise en compte de la stabilité, de la transition d'états (aspects dynamiques) et de "l'historisation".

Pour répondre à l'évolution des besoins en modélisation, les extensions proposées ont pour objectifs :

- d'éviter le recours du concepteur à des techniques ou artifices de modélisation ambigus, en proposant des concepts complémentaires clairs et cohérents qui accroissent la puissance de représentation du formalisme;
- de développer un langage graphique permettant la communication et la mémorisation d'un discours de plus en plus riche que le concepteur pourra partager ou du moins valider avec des utilisateurs, des réalisateurs voire d'autres concepteurs.

Des travaux de recherches sur de telles extensions ont été menés dans différents pays, et il nous a semblé qu'il était possible d'en envisager une normalisation. En nous appuyant sur différents travaux antérieurs, notamment ceux du groupe 135 de l'AFCEC animé par Yves Tabourier, nous avons fait un certain nombre de propositions [Espinasse & al.92a] [Nanci & al.92b] :

- la prise en compte des types et des sous-types, nous conduisent à aborder les concepts de généralisation et spécialisation ainsi que l'héritage;
- la spécification des contraintes d'intégrité sémantiques;
- la spécification des contraintes de stabilité, de transition et d'historisation.

Nous ne présenterons ici que nos propositions relatives à la spécification des contraintes d'intégrité sémantiques.

3.2.2.3. Spécification de contraintes d'intégrité sémantiques en E-R

Nous nous intéressons ici seulement à la spécification de contraintes d'intégrité sémantiques soit intra relation soit inter relation.

Contraintes intra relation

Dans le formalisme E-R, la notion de dépendance fonctionnelle s'applique, entre autre, au sein d'une relation entre deux ou plusieurs entités de sa collection. Les dépendances fonctionnelles sur une relation ne peuvent pas toujours être spécifiées par les cardinalités définies sur ses pattes. Il nous a été nécessaire d'introduire un graphisme spécifique :

- un cercle dans lequel est nommée la contrainte;;
- un lien en pointillé indique la relation où s'applique la contrainte;
- un lien plein non fléché indique le (ou les) entité(s) émettrice(s) de la dépendance;
- un lien plein fléché indique l'individu cible de la dépendance.

Soit :

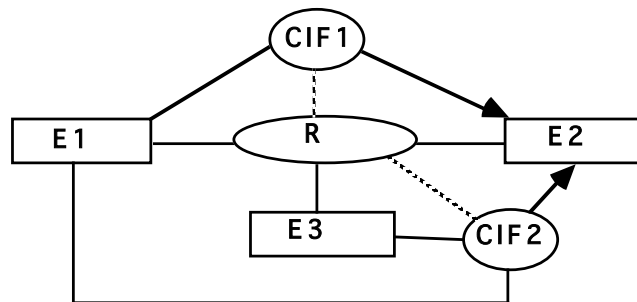


Figure 11 : Représentation graphique de dépendances fonctionnelles.

Contraintes inter relation :

Cardinalités et dépendances fonctionnelles s'appliquent, sous forme de contraintes, dans le cadre d'une même relation. Cependant, certaines situations présentent des conditions à exprimer entre deux ou plusieurs relations :

1. Contraintes sur la participation d'une entité à plusieurs relations

Ces conditions concernent la coexistence d'occurrences de relations au départ d'une entité commune (cf. figure suivante) ;

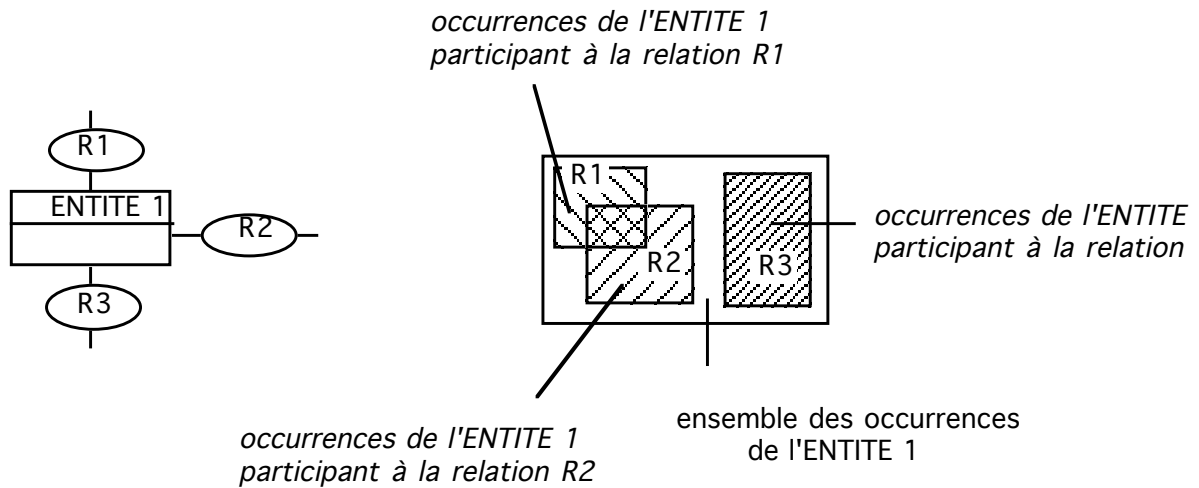


Figure 12 : Participation d'une entité à plusieurs relations.

2. Contraintes sur la participation de plusieurs entités à plusieurs relations

Ces contraintes permettent d'exprimer des conditions d'existence d'occurrences de relations selon la présence ou l'absence de participations à d'autres relations ayant des entités communes dans leur collection. Il s'agit d'une généralisation des contraintes présentées précédemment; l'ensemble de référence n'est plus limité à une entité, mais à des n-uples d'entités (cf. figure suivante).

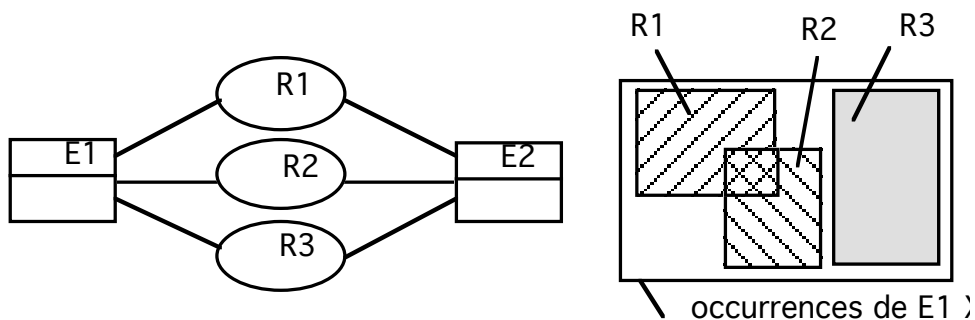


Figure 13 : Un exemple de participation de plusieurs individus à plusieurs relations.

Il nous a été nécessaire d'introduire un graphisme spécifique :

- un cercle dans lequel est nommée la contrainte;
- un lien en pointillé indiquant le ou les entité(s) par rapport auxquels s'applique la contrainte;
- un lien plein indique les relations concernées par la contrainte.

Nous avons identifié cinq types principaux de contraintes inter relations : les contraintes d'exclusion, de simultanéité, de totalité, d'exclusion-totalité et d'inclusion. A chaque type de contrainte nous avons défini une représentation graphique spécifique :

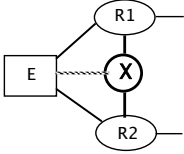
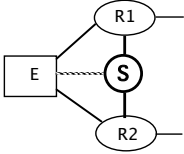
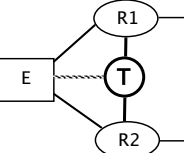
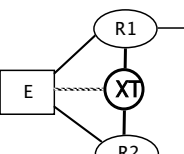
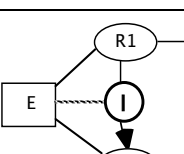
	<p>EXCLUSION</p> <p>Si une occurrence de l'entité E participe à la relation R1, elle ne peut pas participer à la relation R2 et réciproquement.</p>
	<p>SIMULTANÉITÉ</p> <p>Toute occurrence de l'entité E participant à la relation R1, participe simultanément à la relation R2.</p>
	<p>TOTALITÉ</p> <p>Toute occurrence de l'entité E participe au moins à l'une des deux relations R1 ou R2.</p>
	<p>EXCLUSION et TOTALITÉ</p> <p>Toute occurrence de l'entité E participe au moins soit à la relation R1, soit à la relation R2, mais pas aux deux à la fois.</p>
	<p>INCLUSION</p> <p>Si une occurrence de l'entité E participe à la relation R1, elle participe à la relation R2 (mais pas réciproquement)</p>

Figure 14 : Tableau récapitulatif des contraintes inter relation.

3.2.3. Évolution de la méthode Merise vers l'objet : Projet MERISE+

3.2.3.1. Problématique

Nous avons vu dans les extensions précédentes un début d'évolution de Merise vers l'approche objet (notamment pour les types et les sous-types). Cette évolution se confirme de plus en plus au point de remettre en cause certains fondements de cette méthode. Dans le cadre du projet Merise+, nous avons pu nous intéresser à une telle évolution. Partiellement subventionné par le Ministère de l'Industrie, ce projet rassemble les partenaires suivants : l'institut Systèmia, les sociétés Cecima et Ingénia et l'Université d'Aix-Marseille III (GRASCE). Mais avant d'évoquer nos recherches dans le cadre de ce projet, précisons son contexte :

- la méthode Merise présente actuellement une lacune relative au passage de la conception du SI (Système d'Information Organisationnel-SIO) à la conception du logiciel (Système d'Information Informatisé - SII)⁷;
- l'orientation objet des méthodes de conception semble inévitable :
Dans ce mouvement, il faut reconnaître l'influence importante des méthodes orientées objet, principalement d'origine nord américaine, comme OOD de G. Booch [Booch 93], OOA de Coad et Yourdon [Coad &al.92], OOA/OOD de Shlaer et Mellor [Shlaer &al.90], OMT de Rumbaugh [Rumbaugh &al.91]. Toutes ces méthodes peuvent être qualifiées de méthodes de génie logiciel et non de conception de SI. Cette (r)évolution objet semble également inévitable pour les méthodes de conception de SI; elles devraient avoir une approche objet dès le niveau conceptuel du SIO [Cauvet &al.92] [Castellani 93] [Rochfeld &al.93] [Bouzeghoub &al.94].

L'objectif de Merise+ est d'apporter aux praticiens de la conception et du développement de SI à informatiser, un ensemble méthodologique complet leur permettant de faire face à la complexité des logiciels à réaliser ainsi qu'aux nouvelles technologies.

Le projet Merise + se propose de combler les insuffisances de la méthode Merise au niveau du SII par un enrichissement avec la méthode orientée objet, Hood (Hierarchical Object Oriented Design), méthode orientée objet de génie logiciel, développé par l'ESA pour le développement de gros logiciels scientifiques et techniques en ADA. Ce projet doit déboucher sur la réalisation d'un atelier de génie logiciel (AGL) spécifique, réalisé par extension de l'AGL de conception "Message" (support à la méthode Merise) déjà développé et commercialisé par la société Cecima. Ces travaux de recherche ont conduit à plusieurs communications et publications dont [Espinasse &al.94d].

3.2.3.2. Modèles, formalismes et démarche proposés dans Merise+

Dans cette recherche nous avons tout d'abord effectué une comparaison et une synthèse des méthodes Hood et Merise. Nous avons limité l'apport de Hood au niveau logique du SII (Système d'Information Informatisé). Enfin, nous avons décidé d'articuler Merise non plus à Hood standard (ne disposant pas du concept de classe) mais à un Hood étendu au concept de classe.

La figure 15 précise cette articulation [Espinasse &al.94d].

⁷ - Rappelons à cette occasion qu'à l'origine de Merise, la conception du logiciel (correspondant aux niveaux logiques et physiques) devaient être supportée par des pratiques ou méthodes déjà utilisées sur le terrain.

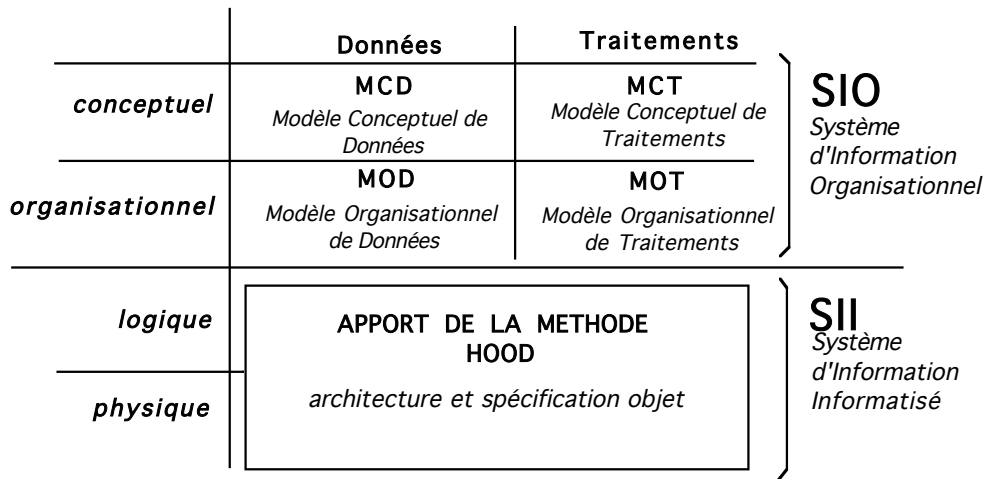


Figure 15 : Articulation générale des méthodes Hood et Merise dans le projet Merise+.

Ensuite nous avons défini pour le niveau logique de Merise+, trois modèles complémentaires (cf figure 15b) :

- les Modèles de Classe (M.C.) : ils permettent la modélisation structurelle du SII par la spécification de classes en indiquant leurs comportements spécifiques. Ils sont dérivés du MOD (Modèle Organisationnel de Données) dont ils héritent de la structure et du MOT (Modèle Organisationnel de Traitements) dont ils héritent d'aspects comportementaux intrinsèques aux données concernées par les tâches. Ils sont en outre enrichis par des classes de nature plus logicielle;
- les Modèles de Module (M.M.) d'architecture Logicielle : ils précisent les modules logiciels qui doivent être conçus et réalisés pour le SII en indiquant les classes du MC qui seront utilisées par chacun des modules;
- les Modèles Dynamiques (M.D.) : ils participent à la spécification du comportement d'un objet. On distingue deux grands types de modèles dynamiques :
 - le Diagramme d'États de Classe (D.E.C.) ;
 - le Diagramme de Communication de Classe (D.C.C.).

Lorsqu'une classe nécessite un protocole d'utilisation (ordonnancement dans l'appel de ses méthodes) celui-ci est décrit par un DEC. Un scénario d'échange de messages entre objets ou classes est précisé par un DCC.

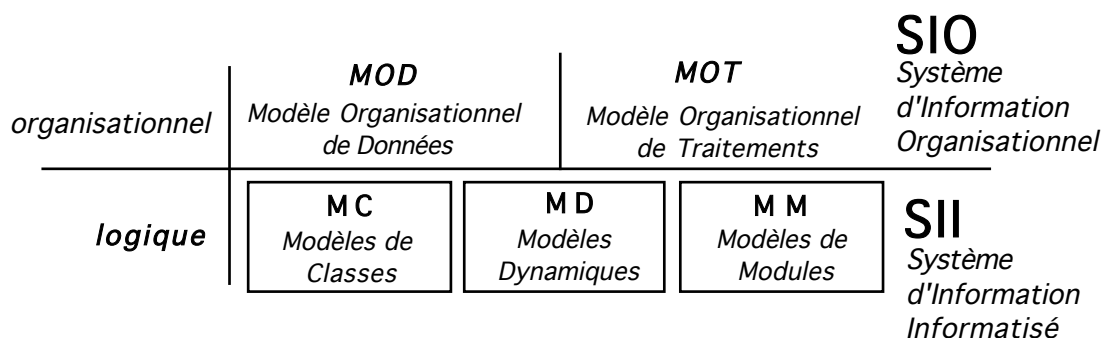


Figure 15b : Les trois modèles de Merise+.

Pour les MC et les MM, nous avons proposé des formalismes permettant de les élaborer. A chacun de ces formalismes est associée une représentation graphique. Afin de pouvoir développer l'atelier logiciel supportant Merise +, nous avons été conduit à développer un méta modèle exprimé en Entité-Relation, de chacun des formalismes, voici celui relatif au MC :

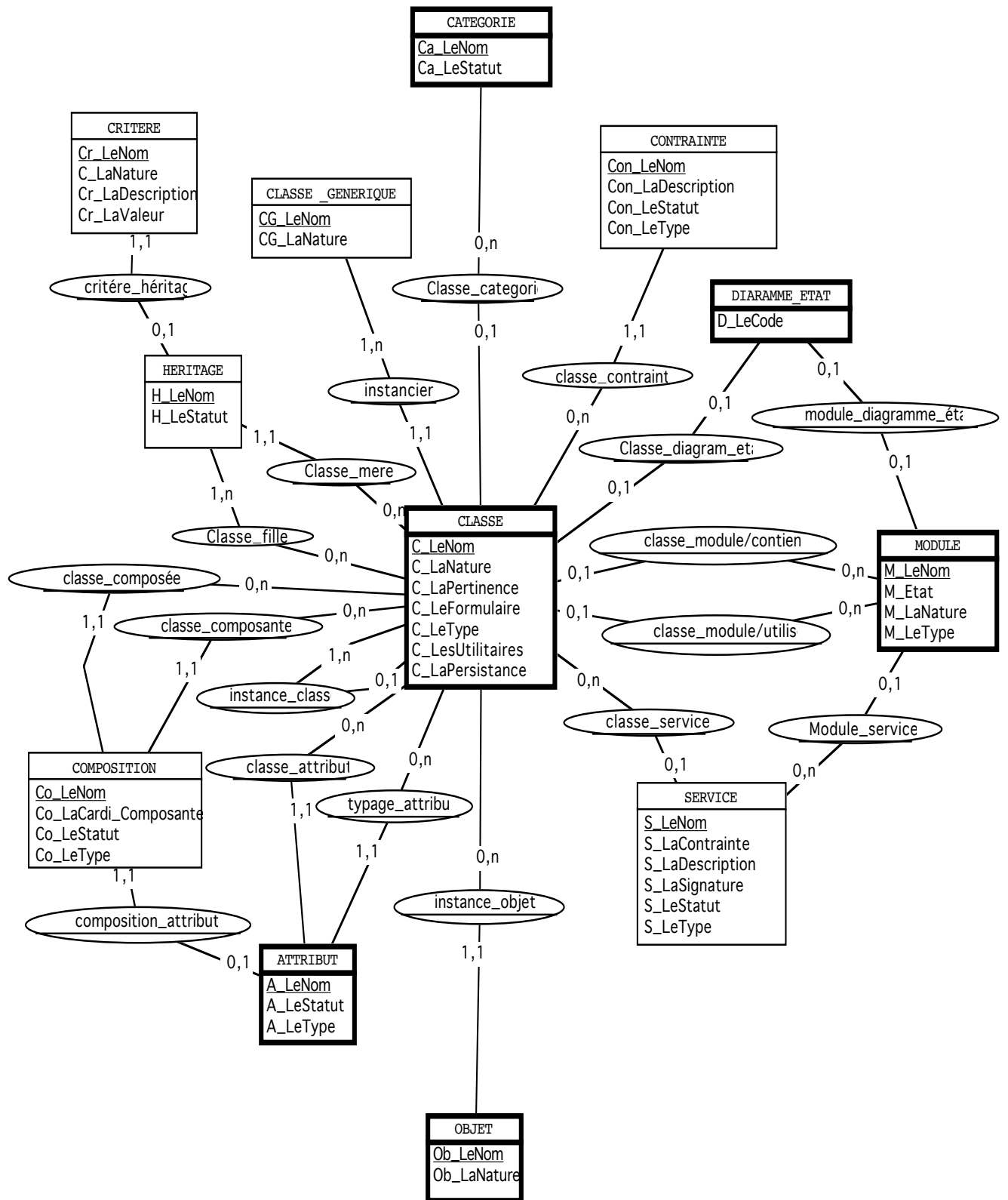


Figure 16 : Méta modèle du Modèle de Classes exprimé en Entité-Relation.

Ces trois modèles sont développés progressivement et en étroite interaction. Nous avons esquissé des éléments de démarche en définissant comment les modèles organisationnels de Merise devaient être affinés afin que l'on puisse, de ces derniers, dériver les trois modèles

logiques de Merise+⁸. Nous avons proposé des règles de dérivation permettant de passer de modèles organisationnels Merise à ces nouveaux modèles :

- élaboration d'un MC : les classes essentielles du MC sont toutes issues des entités du MCD/MOD selon les règles suivantes :
 - les entités deviennent des classes;
 - une relation sans propriété devient un lien de composition;
 - les cardinalités individuelles sont transformées en cardinalités de lien;
 - les contraintes de domaine de valeur de propriété conduisent à l'explicitation de typage d'attributs;
 - les contraintes inter et intra relation sont transformées en contraintes inter classes;
 - les classes sont enrichis de classes de nature plus logicielle et regroupées en catégories;
- élaboration d'un MM : la structuration modulaire de l'architecture logicielle s'effectue de la façon suivante :
 - a chaque catégorie (ensemble de classes) est associé un module;
 - les relations "use" entre catégories sont reportées en les modules;
 - les sous ensembles de modules reliés par un lien d'utilisation conduisent à la définition d'une relation d'inclusion (par l'intermédiaire d'un graphe d'ordre partiel associé à la relation d'utilisation);
- élaboration d'un MD : la spécification d'envoi de message s'effectue au niveau des DCC (ou scénarios), donc au niveau des classes. On pourra cependant dans l'explicitation de ces scénarios spécifier des envois de messages entre instances de classes (objets). Notons que toute partie indépendante du MOT (non relié au reste) conduira à un DCC spécifique;

3.2.4. SI centrés savoir-faire : Projet BRITE-EURAM 4390

3.2.4.1. Problématique

Pour de multiples raisons, la prise en compte des savoir-faire des entreprises dans leur SI est de plus en plus fréquent. Cette intégration des savoir-faire dans les SI conduit à adapter les méthodes d'ingénierie de ces systèmes. En 1991, nous avons participé avec plusieurs partenaires industriels français et étrangers à un projet de recherche européen dans le cadre du programme européen BRITE-EURAM [Espinasse & al.94c].

Ce projet, identifié Brite-Euram 4390, s'intitule "Integrated System of Flexible Prefabrication for Personalized Architectonic Facade". Financé à 50% par l'UE et d'une durée de trois ans, il a démarré en décembre 91 et se terminera en mars 95. Il rassemble les partenaires suivants : Armines (Ecole des Mines d'Alès), l'Institut Systèmia, le groupe GTM (partenaire leader), Méditerranée Préfabrication, Robotasca (Espagne) et le groupe ITIN (Italie). Il porte sur la conception et la réalisation d'un prototype d'une unité flexible de préfabrication à la commande d'éléments de façades architectoniques personnalisés. L'objet du projet est triple :

- concevoir l'organisation d'un poste de travail de fabrication polyvalent autour d'un moule flexible (formes et reliefs évolutifs) permettant d'améliorer la qualité du produit, son prix de revient, mais aussi les conditions de travail sur ce poste de moulage;
- concevoir un poste de finition flexible autour d'un automate pour le lavage, le sablage et le brossage. Une adaptation de robot de l'industrie automobile aux conditions spécifiques de la préfabrication a été réalisée;

⁸ - A ces trois modèles logiques doit être rajouté un Modèle Interface Homme Machine (MIHM) spécifiant l'interface homme-machine. Ce modèle n'est pas abordé dans Merise+.

- mise en oeuvre de technologies nouvelles de traitement d'information : dans la constitution d'une banque des savoir-faire informatisée (base de données multimédia) et dans la conception et la réalisation d'un SI supportant l'élaboration de devis, la préparation, la planification et le suivi de la fabrication.

Notre contribution, dans le cadre de l'Institut Systèmia, a porté essentiellement sur le troisième objectif. Relativement à cet objectif, ce projet illustre bien cette prise en compte des savoir-faire dans les SI. Nous allons brièvement développer nos travaux relatifs à la banque de savoir-faire et au système d'aide à la gestion de production.

3.2.4.2. La banque des savoir-faire

Cette banque des savoir-faire représente un très important travail de recueil, de représentation et de structuration des connaissances sur les pratiques du métier de la préfabrication architectonique. Cette explicitation des savoir-faire ne s'est pas conduite selon des méthodes de génie cognitif. En fait, il ne s'agissait pas d'acquérir des connaissances afin de simuler des raisonnements d'experts (Systèmes Experts), mais plutôt de développer une sorte de "carte" des savoir-faire plus ou moins explicites, mis en oeuvre dans les pratiques de l'usine, ceci afin d'en faire une mémoire accessible. Aussi nous avons opté pour une approche plutôt système d'information et adopté en conséquence des outils s'y rattachant, notamment le formalisme E-R. De nombreuses rencontres nous ont permis d'élaborer progressivement le modèle de données constituant la carte des savoir-faire :

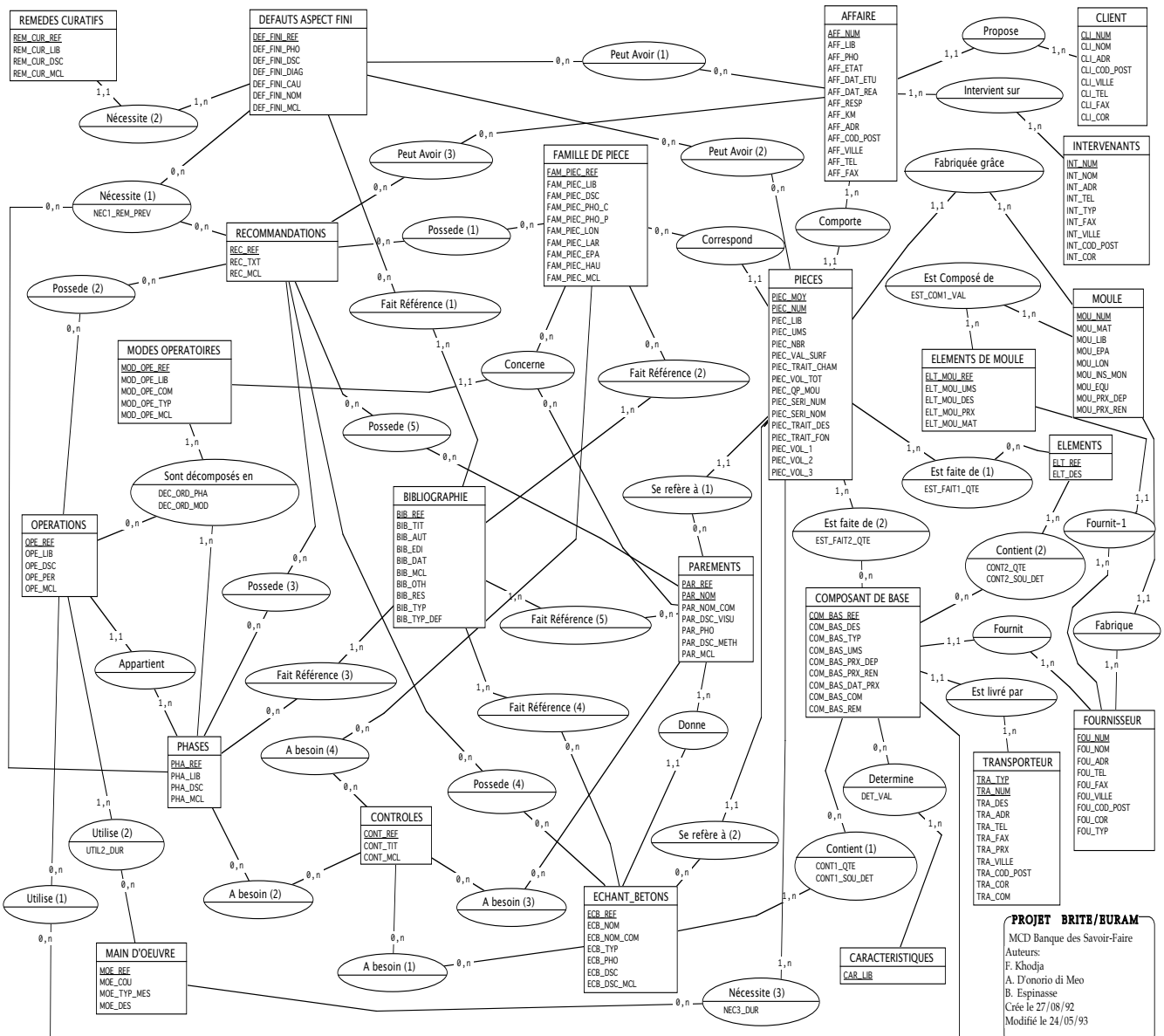


Figure 17 : Modèle conceptuel de la banque des savoir-faire.

Ce modèle nous a ensuite permis de définir l'architecture de la base de données relationnelle multimédia (incrustation de photos et de schémas) qui supporte cette banque des savoir-faire sur une architecture client-serveur. Nous avons ensuite défini les principales fonctionnalités de consultation et de mises à jour de cette banque des savoir-faire. Celle-ci est à l'usage des acteurs internes à l'unité de préfabrication, mais aussi offerte en consultation partielle à la clientèle (architectes, maîtres d'ouvrage,...). Cette banque des savoir-faire rassemble des connaissances génériques concernant :

- Les types de parements : ces savoir-faire facilitent la fabrication de nouveaux panneaux de façade en mettant à disposition de l'atelier de conception un inventaire et une description détaillée des différents parements ainsi que leurs procédés de fabrication et de finition. Ils portent sur des références bibliographiques, recommandations, descriptions, références à des échantillons déjà réalisés, gammes opératoires, fournitures spécifiques (sables, acide, retardateur de prise, ...);
- La composition des bétons : ces savoir-faire concernent les compositions de bétons, ainsi que de leur caractéristiques spécifiques (résistance, porosité, aspect,...), des définitions, des références bibliographiques, des recommandations, des descriptions, des références à des échantillons déjà réalisés, des liens avec les modes opératoires,....;
- Les défauts de fabrication : ces savoir-faire font une description des défauts constatés (références à des photos) et proposent des mesures correctives associées, ainsi que des procédures de contrôle de qualité. Tous les défauts recensés sur le chantier, pendant la préfabrication et en exploitation, sont enregistrés;
- Les modes opératoires : ces savoir-faire rassemblent les connaissances relatives aux différents modes ou gammes opératoires possibles impliquant différents postes de fabrication (table, moule spécifique, ...), leurs associant des ratios, des temps unitaires, des décompositions en tâches, des modes de fabrication,....;
- Les types de pièces : ils modélisent les savoir-faire selon le type de pièce permettant de caractériser le composant préfabriqué suivant les modes opératoires, les types de parements, les bétons;
- Les réglementations et normalisations nationales et internationales : ils concernent des publications officielles (réglementation, normalisation, spécifications techniques, ...) internationales connues et recensées;
- L'élaboration de devis : Ils concernent les savoir-faire permettant d'élaborer des études de prix ou proposition commerciale.

3.2.4.2. Système d'aide à la gestion de production

Après avoir défini avec nos partenaires l'organisation de la production envisagée dans cette unité flexible, nous avons développé un système d'aide à la prévision, à la préparation et au suivi de la production. L'objectif général visé par ce système est de fournir une aide la plus conviviale possible, peu exigeante en manipulation (saisies de données) et la plus souple possible. Nous avons en outre fait en sorte d'exploiter au maximum la banque des savoir-faire. Ce système se compose de deux modules principaux :

- le module planification prévisionnelle : Pour pouvoir élaborer facilement un planning prévisionnel pour les affaires de l'entreprise, nous avons opté pour une génération automatique à partir d'un modèle générique faisant partie de la banque des savoir-faire. On définit plusieurs modèles génériques chacun associé à un type d'affaire, ces modèles génériques sont obtenus par "clonage" et paramétrage générique d'un modèle générique standard.

Ainsi à partir du détail de l'affaire à considérer (détail en grande partie fourni par l'étude de prix), d'un modèle générique issu de la banque des savoir-faire et enfin de contraintes de calage temporel introduites par l'utilisateur, ce module génère automatiquement un diagramme de Gantt prévisionnel préliminaire qui est ensuite affiné par l'utilisateur. Ce module permet aussi de calculer les ressources nécessaires à la réalisation de l'affaire, de les intégrer dans le plan de charge général de l'usine

regroupant toutes les affaires acquises par cette dernière. L'horizon temporel de ce module est en moyenne de l'ordre d'un trimestre;

- le module planification d'exécution et suivi : en s'appuyant sur les résultats (en délais et charges) du module prévisionnel, ce module apporte une aide au gestionnaire dans l'élaboration des planning d'exécution (horizon temporel moyen de deux semaines) et d'éditer les ordres de fabrication. Là aussi nous n'avons pas recherché une automatisation complète (qui se serait avérée de toute façon irréaliste) mais plutôt une aide extrêmement conviviale. Ce module permet aussi de suivre la fabrication journalière, permet au gestionnaire de mieux mesurer les écarts entre le prévu et le réalisé, et l'aider dans la facturation client (en fonction de l'avancement de la fabrication).

Les acquis méthodologiques à l'issue du projet sont significatifs. Ce projet nous a tout d'abord permis de bien comprendre la problématique générale d'un certain type de production largement répandu dans le monde des P.M.E. et de concevoir et réaliser des outils adaptés en collaboration étroite avec nos partenaires et faisant appel à une approche centrée savoir-faire.

Cette collaboration a nécessité une période assez longue durant laquelle nous avons dû faire une formation aux divers concepts et outils (notamment conceptuels) de l'informatique. Cette formation s'est avérée incontournable pour, dans un climat de confiance mutuelle, élaborer l'architecture des bases de données et les fonctionnalités des divers modules logiciels. Ces travaux de recherche ont conduit à la publication de rapports de recherche remis à l'UE lors des divers réunions semestrielles d'avancement du projet.

3.2.5. Conclusion

Les travaux de recherche que nous avons menés durant cette deuxième période (1990-1994) sur le thème de l'ingénierie des systèmes d'information sont principalement liés à la complexification croissante des SI de l'entreprise et à l'incorporation dans ces systèmes de plus en plus de connaissances ou savoir-faire de l'entreprise.

Pour accompagner cette complexification croissante des SI, nous avons tout d'abord orienté nos travaux de recherche vers une évolution des outils méthodologiques associés à la méthode Merise. Nous avons ainsi proposé un certain nombre d'extensions de cette méthode, rendues nécessaires par l'accroissement de complexité des SI à concevoir et l'évolution des fonctionnalités des outils permettant de les supporter (SGBD, langages de 4^e génération, architecture client-serveur,...). Ces extensions consistent en un aménagement des outils de modélisation, d'une part l'émergence de nouveaux modèles (Modèle Organisationnel de Données, Modèle Logique de traitements), conduisant à considérer maintenant quatre niveaux d'abstraction dans Merise (conceptuel, organisationnel, logique et physique) et en conséquence huit modèles, et d'autre part la proposition d'extensions du formalisme Entité-Relation (types/sous-types, contraintes d'intégrité sémantiques,...) permettant d'accroître la puissance de ce formalisme (notamment pour aborder la modélisation organisationnelle des données). Ces extensions ont été diffusées au travers d'un ouvrage utilisé tant dans la communauté professionnelle qu'universitaire (2^e édition).

Ensuite, au travers d'un contrat de recherche subventionné par le Ministère de l'industrie, nous avons contribué à une évolution plus profonde de la méthode Merise vers une approche objet. Cette évolution vers l'objet ne concerne que la conception du SII (Système d'Information Informatisé) pour laquelle la méthode présente des insuffisances. Nous nous sommes pour cela inspiré de la méthode Hood utilisée pour le développement de gros logiciels scientifiques et techniques en ADA. Ces travaux nous ont conduit à proposer un cadre méthodologique s'articulant autour de trois modèles (de classes, de modules et dynamiques). Pour deux de ces trois modèles, nous avons défini les métamodèles associés, sur lesquels repose la conception de l'atelier de génie logiciel, en cours de développement. La pratique de ces nouveaux modèles devraient nous conduire à proposer une démarche spécifique à Merise+ (aménagement de la démarche de Merise relativement à la conception du SII), et vraisemblablement nous amener à remettre en cause les modèles proposés par Merise pour la conception du SIO (les niveaux conceptuel et organisationnel), et les faire aussi évoluer vers l'objet, ce qui conduirait à une remise en cause très profonde de Merise.

Enfin nos travaux nous ont permis d'aborder un nouveau type de développement de SI : centrés sur les savoir-faire dans le cadre d'un projet Brite-Euram. Le concept de "banque des savoir-faire" et d'une façon plus générale, la problématique de la gestion des connaissances des organisations sont d'une actualité extrême, comme le souligne E.Brunet et J.-L.Ermine [Brunet &al. 94]. Il conduit à aborder la conception de système d'information d'une façon radicalement nouvelle en amenant l'entreprise à une certaine introspection sur son métier, ses pratiques et même ses relations avec d'autres acteurs économiques, introspection pouvant permettre à la fois de préserver son expérience passée, mais aussi d'aborder l'avenir de façon plus volontariste.

3.3. INGENIERIE DES SIAD MULTI-AGENTS

3.3.1. Introduction

Les processus décisionnels développés dans les organisations, deviennent de plus en plus complexes. L'aide au décideur, la compréhension et la simulation de tels processus conduisent à des représentations et des traitements des connaissances de plus en plus sophistiqués. Cette complexité s'accroît encore lorsque l'on passe de processus décisionnels individuels à des processus décisionnels de groupe.

L'application de techniques d'IA classique au domaine complexe et hétérogène de l'aide à la décision a montré les limites d'une approche basée sur une centralisation de l'expertise au sein d'un système unique. L'IAD (Intelligence Artificielle Distribuée) [Ferber & al.89-88] [Bond & al.88] dont l'émergence est liée à des travaux de recherche sur la concurrence et la distribution, a pour objet de remédier aux insuffisances de l'IA classique. L'IAD propose une distribution de l'expertise sur un groupe d'agents devant être capable de travailler et d'agir dans un environnement commun et résoudre des conflits éventuels, d'où l'apparition de nouvelles notions comme la coopération, la coordination la négociation et l'émergence. L'étude des systèmes multi-agents (SMA) porte sur la coordination entre plusieurs agents autonomes et intelligents; comment peuvent-ils coordonner leur connaissances, leurs buts, leurs compétences et plans pour agir et résoudre des problèmes pouvant être multiples et indépendants [Garbay & al.89] [Labidi & al.93].

L'approche par les SMA nous a semblé adaptée pour l'ingénierie des SIAD orientés connaissance destinés à des processus décisionnels individuels ou de groupe. Aussi, en 1991, nous avons décidé de nous intéresser à ces systèmes, en privilégiant toujours la réflexion conceptuelle et épistémologique piagetienne que nous avons développée dans nos travaux antérieurs.

A partir de 1992, nous nous intéressons plus particulièrement à la conception et la réalisation de SIAD de groupe, supportant des processus cognitifs collectifs de négociation ou de collaboration, processus associés à des phases de formulation ou de résolution de problème. Ces systèmes ont pour objectif d'améliorer la qualité du travail de groupe, voire d'en augmenter la productivité et semblent devoir se développer dans un proche futur. On parle aussi de "collecticiel" [Karsenty 93], traduction des termes anglo-saxons de "groupware", "collaborative systems" ou CSCW (Computed Supported Cooperative Work) pouvant être associés au "Computer-Augmented Teamwork" [Bostrom & al.92].

Nous nous intéressons plus particulièrement au systèmes d'aide à la décision ou à la négociation de groupe (GNDSS, Group Negotiation Decision Support Systems). DeSantis et Gallupe [DeSantis & al.87] définissent ces systèmes comme combinant la communication, le calcul et les technologies d'aide à la décision pour faciliter la formulation et la résolution de problèmes non structurés par un groupe de personnes. Notons que les contextes de la décision individuel et de la décision de groupe sont assez différents et que de nouvelles dimensions relatives au groupe, ses membres et le contexte de leur collaboration, bien qu'encore mal définies, doivent être prises en considération [Jelassi 92-85] [Jarke 85]. Notons enfin, l'importance encore plus grande de la phase de formulation de problème [Landry 85], dans les processus décisionnels de groupe, ce qui nous conforte encore dans nos recherches.

On peut définir trois grands niveaux d'intervention de ces systèmes d'aide à la décision dans les processus décisionnels de groupe [DeSantis & al.87] :

- le premier niveau vise principalement à enlever les barrières de communication entre les membres du groupe en facilitant, par des fonctionnalités techniques, les échanges, l'accès à des informations à partager;
- le second niveau a pour principal objectif de réduire le bruit pouvant exister dans la transmission des messages entre les membres du groupe. A ce niveau peuvent être mis en oeuvre des modèles mathématiques plus ou moins sophistiqués (statistiques, arbres de décision, techniques multicritères,...). L'utilisation de ces outils nécessitent bien souvent la présence d'un acteur les maîtrisant, le "facilitateur";

- le troisième niveau d'intervention se caractérise par l'induction par le système de schémas de communication de groupe, pouvant inclure des conseils d'experts relatifs au choix et à l'organisation de règles à appliquer dans le processus décisionnel. A ce niveau, chaque membre du groupe représente un nœud de communication, et des schémas délibérés de communication sont imposés au groupe par la technologie.

Nos travaux de recherche relatifs aux SMA ont commencés en 1991 avec un premier projet de conception d'un SMA pour l'aide à la compréhension de situations complexes [Egéa & al.92d]. Ils se poursuivent (en 92-93) dans le cadre d'un contrat de recherche, par la conception et la réalisation d'un prototype de système d'aide à la collaboration multicritères dans le domaine du bilan professionnel [Espinasse 94a], [Espinasse & al.93a]. Enfin, depuis 1993, nous travaillons au développement d'un SMA prototype d'aide à la négociation de groupe basé sur un modèle multicritère que nous avons dû pour cela développer [Espinasse 94e][Espinasse & al.95]. Nous allons développer ces travaux sur ce thème de l'ingénierie des SMA, un des axes de recherche prioritaires du DIAM.

3.3.2. SMA pour l'aide à la compréhension de situations complexes

3.3.2.1. Problématique

Dans le développement de SIAD, l'assistance à la phase d'intelligence du modèle de Simon, comme à la phase de formulation du modèle constructiviste que nous avons proposé [Egéa, Espinasse, Viguier 90a], correspond à une aide à la compréhension. Nous nous sommes intéressés en 1991-1992 à la simulation de processus de compréhension, en nous inspirant des travaux de R.Wilenski [Wilenski 83] pour développer une architecture de SMA opératoire pour cette simulation.

Nous avons considéré la compréhension comme une activité finalisée, de construction d'une représentation cohérente d'un ensemble d'éléments. La finalité correspond à ce que le décideur souhaite faire avec la représentation qu'il construit. La cohérence de cette représentation est obtenue par intégration de tous les éléments pertinents à cette finalité dans une même structure [Hoc 84].

Les activités de compréhension ont été largement étudiées dans le domaine de la compréhension du langage [Schank & al.77]. Ces études insistent sur la place centrale de la planification dans la compréhension, et leur pertinence dépasse le seul domaine de la compréhension de textes associés à des histoires. Dans la compréhension d'histoires, le lecteur dispose de connaissances procédurales (ce que font les acteurs) et doit en inférer de nouvelles connaissances déclaratives (les buts poursuivis et les justifications des actions). Dans la résolution de problèmes, la situation est inversée, le sujet dispose des buts et doit trouver les actions à accomplir pour y parvenir. L'étude des processus de compréhension a conduit à développer deux grands types de modèles tout à fait complémentaires ; les modèles ascendants et les modèles descendants [Hoc 84] :

- les modèles ascendants de la compréhension s'intéressent aux mécanismes constructifs, de nature ascendante, inférant une structure à partir d'un énoncé la plupart du temps verbal. Une illustration en est le modèle "Undersand" développé par Hayes et Simon [Hayes & al.74], dont l'objet est de rendre compte de la compréhension d'énoncés de problèmes pour leur résolution;
- les modèles descendants de la compréhension s'intéressent eux à l'évocation de schémas et à leurs particularisations en utilisant les données du problème. Le concept de schéma rend compte de la présence en mémoire, d'unités de haut niveau susceptibles de coder, de façon économique, des configurations d'informations, mais aussi de leur structuration.

La compréhension consiste ainsi en la construction d'une représentation dont la cohérence était obtenue par intégration. L'exigence de cette intégration conduit à souligner le lien important entre la compréhension et la planification. Les travaux de Wilenski [Wilenski 83] nous sont apparus très intéressants et pouvoir servir de cadre conceptuel structurant pour concevoir une aide à la compréhension de situations complexes. Ces travaux montrent que, du point de vue de la planification, la compréhension et la résolution de problème font appel aux mêmes mécanismes généraux. Par exemple, en écrivant un programme informatique, le

programmeur est tout aussi bien amené à redécouvrir les fonctions de parties de programmes qu'il a déjà écrites qu'à mettre en oeuvre de nouvelles fonctions.

Ainsi pour Wilenski, la planification et la compréhension ne sont que deux aspects d'un même processus, simplement parcouru en sens inverses :

- la planification consiste, à partir d'une situation et d'une structure d'objectifs à établir des plans d'actions puis à appliquer des actions qui viendront modifier la situation;
- la compréhension consiste elle, à partir de l'examen d'une situation résultant d'une ou plusieurs actions, à inférer quel est le plan dont ces actions font partie et quels objectifs ce plan est supposé servir.

Le schéma suivant illustre ces deux processus :

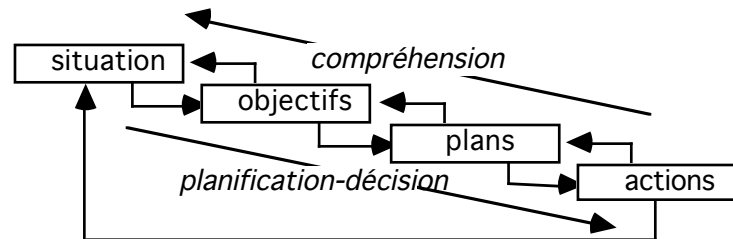


Figure 18 : Complémentarité de la planification et de la compréhension [Wilenski 83].

Pour Wilenski les processus cognitifs de compréhension et de planification s'appuient tous deux sur des connaissances relatives à des plans. Les plans sont prédéfinis et attachés à un ou plusieurs objectifs. On distingue deux catégories de plans ; les plans qui permettent d'expliquer et ceux qui permettent de décider d'une action. Les plans qui sont associés à un objectif particulier peuvent être retrouvés dans la "mémoire" en spécifiant cet objectif. En planification, on pourra s'intéresser aux interactions entre objectifs, évaluer des plans alternatifs afin d'abandonner des objectifs et d'en renforcer d'autres.

3.3.2.2. L'aide à la compréhension de situation complexes

Dans notre recherche nous nous sommes intéressé à l'aide qu'un SIAD pouvait apporter à un décideur qui avait à décider d'une stratégie (stratégie industrielle ou commerciale). Dans une telle décision, dans le processus d'élaboration d'une stratégie, la compréhension de situation pouvant être complexe s'impose. En nous inspirant des travaux de Wilenski que nous venons de rappeler, nous avons dans un premier temps développé un cadre conceptuel nous permettant d'appréhender ce processus décisionnel.

Dans l'élaboration de stratégies, l'acteur-décideur doit comprendre (expliquer) son environnement, par exemple le comportement d'un ou de plusieurs acteurs, c'est à dire leurs objectifs et plans, ceci à partir d'observations des effets d'actions que ces derniers réalisent (signaux). En s'appuyant sur cette compréhension, il peut ensuite redéfinir ses propres objectifs et déterminer le plan d'actions qu'il doit exécuter. Nous avons identifié dans l'élaboration d'une stratégie trois phases essentielles :

- la phase de perception : elle consiste à percevoir des signaux d'un environnement et d'en extraire des traits sémantiques pertinents par rapport à une finalité;
- la phase de compréhension : elle consiste à affiner et/ou modifier les objectifs choisis en fonction d'un "retour sensoriel" sur les effets réels des actions ou sur les événements issus de l'environnement : action -> plan -> objectif;
- la phase de planification : elle consiste à choisir des objectifs et d'ordonner dynamiquement leur priorité, de déterminer par quelles actions et dans quel ordre un ou plusieurs objectifs peuvent être atteints : objectif -> plan -> action.

Le schéma suivant illustre ces trois phases :

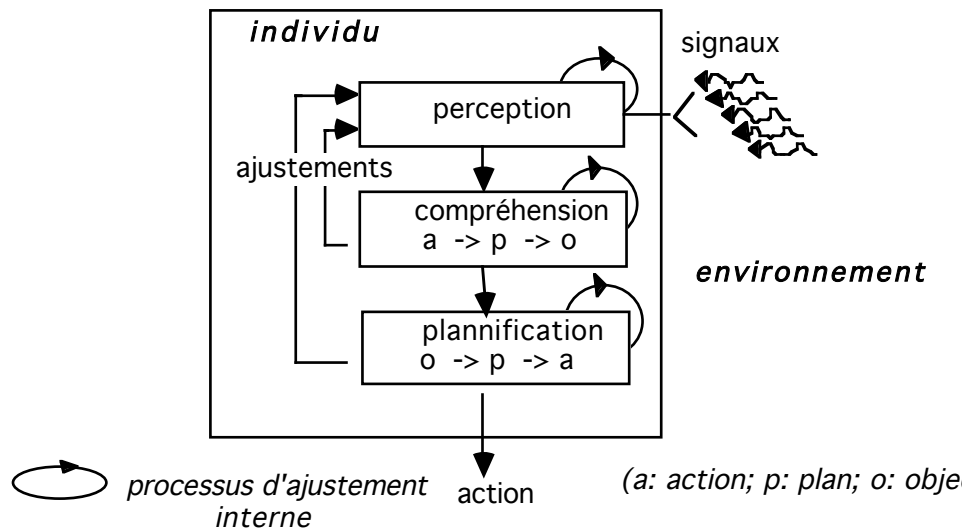


Figure 19 : Les trois phases du processus d'élaboration d'une stratégie.

Les processus cognitifs de compréhension et de planification conduisent à des réajustements des processus de perception de l'environnement (boucles d'ajustements) et s'appuient tous deux sur de la connaissance relative à des plans. Notons enfin que les trois phases sont réalisées en parallèle et de façon autonome.

3.3.2.3. Une architecture multi-agents de simulation

Nous avons ensuite proposé une architecture logicielle modulaire de type SMA, permettant une implémentation du cadre conceptuel précédent. L'approche SMA nous est apparue judicieuse du fait que la structure des plans est relativement complexe et conduit ainsi à des représentations et traitements des connaissances complexes.

Pour assurer la simulation des activités de perception-compréhension-planification, l'architecture que nous avons proposée se compose de trois modules, chacun constitué d'un ou plusieurs agents (réactifs ou cognitifs) chargés de la réalisation d'une tâche spécifique. Le schéma suivant illustre cette architecture multi-agents :

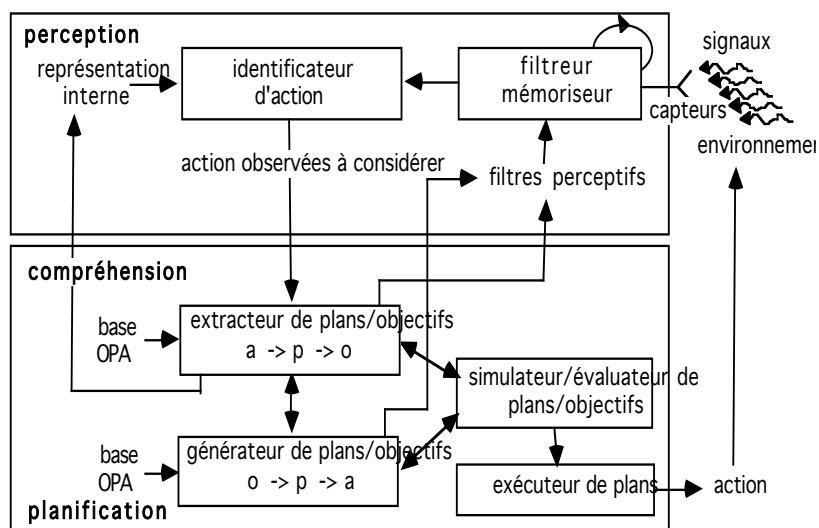


Figure 20 : Architecture multi-agents adoptée.

- le module Perception : il est constitué de deux familles d'agents à dominance réactifs : l'agent *Filtreur-mémorisateur* et l'agent *Identificateur* :
 - l'agent *Filtreur-mémorisateur* est chargé de l'interface communication avec l'environnement (acquisition, filtrage et mémorisation des signaux "bruts" issus

- de l'environnement). Cet agent possède une base de modèles de filtres de perception et une base de signaux filtrés;
- l'agent *Identificateur*, à partir de la base de signaux filtrés et d'un modèle de représentation interne, est capable de faire émerger des actions "pertinentes" à considérer;
 - le module Planification : il est constitué de quatre familles d'agents à dominance cognitifs :
 - l'agent *Générateur*, l'agent *Simulateur-évaluateur* et l'agent *Exécuteur*;
 - l'agent *Générateur* est capable de définir les ensembles de plans d'actions à réaliser pour atteindre les objectifs poursuivis. Ces ensembles de plans sont mémorisés dans la base OPA (Objectifs-Plans-Actions);
 - l'agent *Simulateur-évaluateur* (commun au module de planification), une fois les plans d'actions générés, doit alors les simuler et les évaluer;
 - l'agent *Exécuteur* est chargé de mettre en oeuvre les séquences d'actions attachées aux plans retenus;
 - le module Compréhension : il est constitué de deux familles d'agents à dominance cognitifs : l'agent *Extracteur* et l'agent *Simulateur-évaluateur*. A partir de l'émergence d'actions réalisée par l'agent *Identificateur*, l'agent *Extracteur* va enclencher le processus de compréhension :
 - si ces actions observées peuvent être reliées à un ensemble de plans connus de la base d'OPA, elles peuvent alors être expliquées et les objectifs qui les sous-tendent découverts,
 - sinon, des explications à ces actions peuvent être construites au travers de la génération de plans hypothétiques à partir de la base d'OPA existants (par appel à l'agent *Générateur*).

L'agent *Simulateur-évaluateur*, permet d'évaluer ces plans hypothétiques.

Les trois modules ont une certaine autonomie dans leur processus respectifs, mais sont en interaction coopérative. Ainsi le module Compréhension permet, grâce aux actions reconnues par le module Perception, une reconnaissance des plans et des objectifs d'autrui (les autres agents de l'environnement). Il est aussi en mesure de déterminer en quoi ils interfèrent avec les siens. Le module Planification doit alors réagir (planification réactive) pour s'adapter à son environnement (situations de conflits d'objectifs) et, si besoin, être en mesure de modifier ou changer ses propres objectifs et plans. La reconnaissance des plans et des objectifs d'autrui par le module Compréhension amène aussi à une évolution du module Perception : la base de modèles de filtres s'affine par la connaissance de modèles d'état des autres agents de l'environnement.

3.3.2.4. Illustration sur un exemple simple

L'exemple que nous avons développé est extrêmement simple. Il concerne un univers formé d'un ensemble fini d'acteurs notés $x, y, z...$ Chaque acteur x doit réaliser une famille finie $O(x)$ d'objectifs qu'il peut mener de front. Ces objectifs sont préordonnés et se décomposent chacun hiérarchiquement en sous-objectifs. A chaque objectif ω est associé un ensemble fini $P(x,\omega)$ de plans. Un plan $p \in P(x,\omega)$ représentera l'accomplissement d'une liste finie $p = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ d'actions. Chaque action α_i doit utiliser un ensemble fini de ressources $R(\alpha_i)$. Nous supposons que chaque acteur x a connaissance de son environnement composé des autres acteurs, au travers de la mobilisation des ressources nécessaires à la réalisation des actions. Nous définissons de plus les hypothèses suivantes :

H1 : hypothèse de rareté des ressources : chaque ressource est unique et ne peut être utilisée au même instant que par une seule action;

H2 : hypothèse de non injectivité : deux actions différentes peuvent utiliser un même ensemble de ressources, soit : $\exists \alpha, \exists \beta / \alpha \neq \beta$ et $R(\alpha) = R(\beta)$;

H3 : hypothèse de l'acquis préalable : chaque acteur possède sa propre base de connaissance sur les objectifs, les plans et les actions (base OPA);

H4 : hypothèse sur la communication inter-acteurs : les acteurs communiquent entre eux et prennent connaissance de leur environnement au travers d'un tableau noir T. Ce dernier sait à tout instant l'état T(r) d'une ressource r (libre ou utilisée).

A chaque acteur x, nous associons une architecture multi-agents assurant ses processus de perception, de compréhension et de planification de la façon suivante :

Phase de perception : cette phase permet à l'acteur x de maintenir un historique H(x) donnant la liste des ressources utilisées par les autres acteurs. C'est par le tableau noir T que l'agent *filtreur-mémoriseur* de l'acteur x accède à cette connaissance de son environnement. L'agent *identificateur d'action* exploite cet historique. Cependant la connaissance des ressources mobilisées par un autre acteur, est nécessaire mais pas suffisante pour identifier complètement une action (puis plan et objectif) réalisée ou entreprise par cet acteur (hypothèse H2);

Phase de compréhension : cette phase utilise la base OPA, notée pour l'acteur x, C(x). Cette base de connaissance est en permanence enrichie, par de nouvelles acquisitions issues d'identification d'actions ou d'objectifs d'acteurs concurrents. L'agent *extracteur de plans/objectifs*, utilisera C(x) pour identifier des plans concurrents. En introduisant des structures prétopologiques sur l'ensemble C(x), il est possible à cet agent de rechercher des objectifs connus dans C(x) "assez voisins" de l'objectif faisant partie du plan concurrent à identifier. Une évaluation de ces plans hypothétiques sera effectué par l'agent *simulateur/évaluateur*. En cas de non validation, il sera fait un retour sur l'agent *extracteur*;

Phase de planification : elle est assurée principalement par l'agent *générateur de plan/objectifs* selon plusieurs stratégies. Ainsi, supposons par exemple qu'un acteur x soit en train de réaliser un objectif ω , au moyen d'un plan p et que α désigne la prochaine action que x doit exécuter pour accomplir ω . Soit L la liste des ressources nécessaire à l'exécution de l'action α . L'acteur x peut mettre en oeuvre l'une des stratégies suivantes :

stratégie 1 : l'acteur x prend toutes les ressources disponibles L^* faisant partie de L. Dans le cas où $L \supset L^*$, il y a conflit, alors :

- soit l'acteur x attend sans rien faire un certain temps t, et passé ce délai, il sollicite à nouveau les ressources manquantes en faisant un retour sur la stratégie 1;
- soit l'acteur x passe à une autre stratégie;

stratégie 2: l'acteur x cherche un autre plan $p' \neq p$ conduisant aussi au même objectif courant ω . Il choisit p' , de telle façon que les ressources nécessaires L' pour réaliser la prochaine action α' de p' soit minimale. Puis l'acteur x passe à une autre stratégie;

stratégie 3: chercher un autre objectif courant ω' , en essayant de "comprendre" quels sont les objectifs des acteurs concurrents. Pour ce faire, l'acteur x va définir un ensemble d'acteurs, dont la concurrence sera la plus faible, de la façon suivante :

- l'acteur x construit l'ensemble $\Omega(x)$ des objectifs ayant un minimum de ressources manquantes pour leur réalisation;
- le sous ensemble $\Omega_1(x)$ de $\Omega(x)$ est formé des objectifs dont les plans, pour être achevés, ont un minimum d'actions restantes à faire;
- l'acteur x construit le sous ensemble $\Omega_2(a)$ des objectifs entravés par un nombre minimum d'acteurs concurrents $A = \{x_{j1}, \dots, x_{jn}\}$.

Dans ce modèle l'ensemble de tous les objectifs est muni d'une distance d permettant d'évaluer les objectifs les plus proches d'un objectif donné. Si C(x) contient la base des objectifs connus de l'acteur x, les objectifs les plus vraisemblables pour x, poursuivis par l'acteur y, sont les objectifs ω dont la distance $d(\omega, C(x))$ est nulle, c'est à dire les objectifs formés de l'adhérence C(x). L'acteur x choisira alors un objectif ω de $\Omega_2(x)$ le moins "entravé" par les acteurs concurrents A, c'est à dire tel qu'il existe un voisinage V de ω , pour la métrique d tel que : $\forall b \in A \Rightarrow \Gamma(x,y) \cap V = \emptyset$. C'est à dire les objectifs ω dont les points

isolés pour tous les ensembles de la famille $\{\Gamma(x,y)\}_{y \in A}$. Si de tels objectifs n'existent pas, l'acteur x passera à une autre stratégie.

3.3.3. SMA pour l'aide à la collaboration en bilan professionnel

3.3.3.1. Problématique

Cette recherche a été conduite avec l'association Demeter dans le cadre d'un contrat de recherche-développement avec l'Institut Systèmia. La finalité de cette association est de promouvoir le développement de systèmes d'aide au bilan professionnel pour des publics divers (handicapés, chômeurs, chômeurs longue durée, etc.), qui seraient utilisés par différents organismes impliqués dans des processus Évaluation/Bilan comme des centres de formation, des organismes de placement, des entreprises, des cabinets de recrutement, etc.

Nos travaux ont porté sur la conception et le développement d'un système prototype d'aide à la collaboration dans le domaine du bilan professionnel ("Collecticiel" ou Computed Supported Cooperative Work (CSCW) dans la littérature anglo-saxonne [Bostrom & al.92]). Ce projet a été financé par l'AGEFIPH (Agence pour la GEstion du Fond d'Insertion Professionnelle des personnes Handicapés) et la DFP (Délégation de la Formation Professionnelle). Nos travaux ont donné lieu à deux communications scientifiques dans des colloques internationaux [Espinasse & al.93a] [Espinasse 93b] et une publication dans une revue à comité de lecture [Espinasse 94a].

Notre recherche s'est faite en étroite collaboration avec un centre d'évaluation et d'orientation de personnes handicapées adultes pilote en la matière, le Centre Interdépartemental de Préorientation de Marseille (centre "Préo" par la suite). Ce centre a produit depuis plus d'une dizaine d'années plusieurs milliers de bilans. Sa plate-forme technique repose sur une équipe pluridisciplinaire d'évaluateurs/orienteurs, composée de médecins, de formateurs, d'ergonomes, de psychologues, de psychomotriciens et d'animateurs d'ateliers techniques et tertiaires. Le centre reçoit actuellement en moyenne 6 nouveaux stagiaires par semaine qui lui sont envoyés par la Cotorep (Commission Technique d'Orientation et de Reclassement Professionnel) afin que soit effectué pour chacun de ces individus un bilan et proposé une ou plusieurs orientations. Les stagiaires font en moyenne un séjour de 8 à 12 semaines dans le centre, ce qui donne un effectif moyen de 40 stagiaires tout au long de l'année.

3.3.3.2. Conceptualisation du bilan professionnel

Nous avons perçu l'évaluation et l'orientation professionnelles comme un processus décisionnel se développant à travers une collaboration étroite entre les différents membres d'une équipe pluridisciplinaire, ayant chacun ses propres compétences et sensibilités. La complexité de ce processus, mais aussi la prise en compte de ces compétences et sensibilités différentes, nous a conduit à considérer un nombre important de critères et à adopter une approche multicritère. L'approche multicritère de la décision [Roy 76-85] vise à élargir la réflexion tant sur le choix des solutions en phase de sélection du processus décisionnel que sur la construction des critères [Bouyssou 89a] et des solutions en phase de conception de ce processus (phases définies par Simon [Simon 60-77]). L'approche multicritère est déjà bien utilisée dans le développement de SIAD mono-décideur [Pomerol 92], [Brans & al.91], [Jelassi 85].

D'une façon générale, l'évaluation/orientation réalisée par le centre Préo, ou "questionnement", peut être vue comme la recherche d'un consensus par plusieurs unités d'évaluation (U.E.), d'une part sur les aptitudes d'un stagiaire et d'autre part sur l'orientation à lui proposer en fonction de ses aptitudes et de son projet professionnel. Ce projet professionnel n'existe pas toujours, et il s'agira souvent de le définir et de l'ajuster en fonction des aptitudes révélées du stagiaire. On définira par unité d'évaluation tout professionnel (médecin, psychologue, psychomotricien,...) ou atelier concourant à faire émerger les aptitudes et un projet professionnel du stagiaire. Pour cela, les professionnels conduisent principalement des entretiens, les moniteurs des ateliers (techniques ou tertiaires) proposent aux stagiaires des exercices ou épreuves organisés en progression.

a - Deux niveaux de critères

Nous avons défini deux niveaux de critères, le niveau local, propre à l'unité d'évaluation, et le niveau consensuel, défini comme étant consensuel pour toutes les unités d'évaluation. C'est à ce dernier niveau que sera élaboré le "portrait" synthétique des aptitudes du stagiaire :

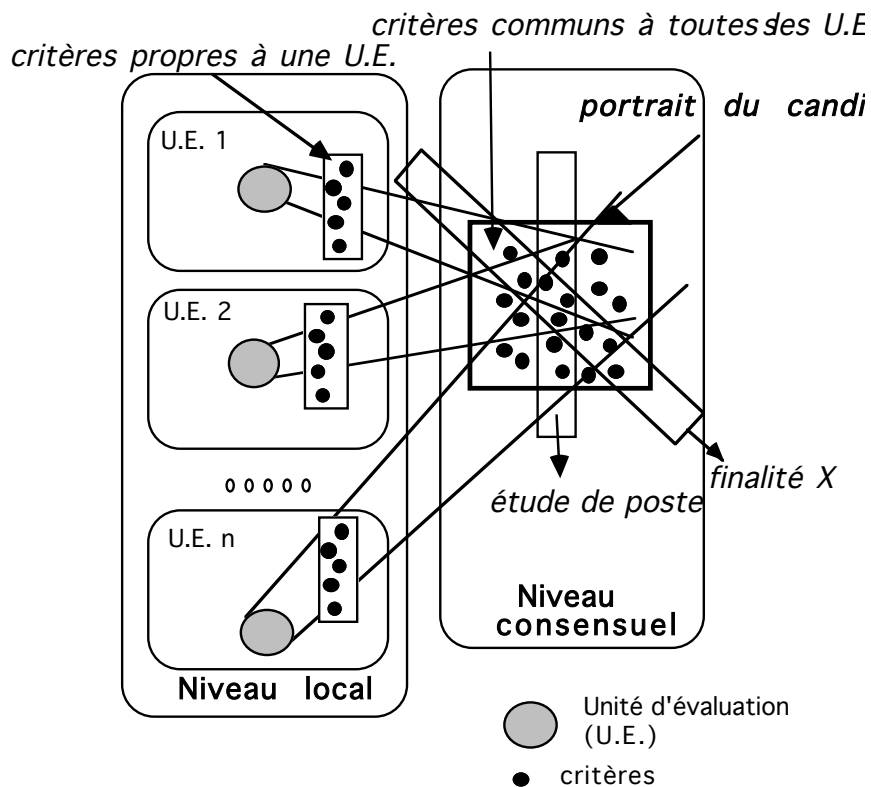


Figure 21 : Les niveaux de critères local et consensuel.

Notons qu'un critère défini au niveau d'une unité d'évaluation peut être partagé par une autre unité d'évaluation avec ou non la même métrique. Il peut ensuite être directement retenu au niveau consensuel ou nécessiter d'être combiné avec d'autres critères de l'unité d'évaluation par une méthode d'agrégation (à définir au niveau local) pour être pris en compte au niveau consensuel.

b - Les aptitudes

C'est à partir des critères du niveau consensuel constituant le portrait synthétique du stagiaire, que l'on pourra faire émerger les aptitudes du stagiaire par abstractions successives et selon des raisonnements spécifiques :

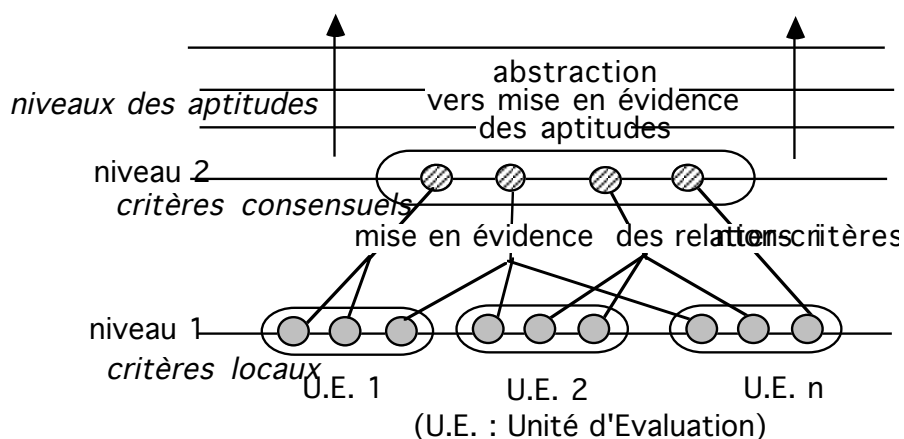


Figure 22 : Émergence des aptitudes.

Les aptitudes associées à ce portrait peuvent ensuite être exploitées selon une finalité précise, par exemple l'orientation du stagiaire vers l'occupation d'un poste de travail dans une entreprise. D'autres finalités peuvent être définies, par exemple le choix d'une formation. L'intérêt de cette diversité de finalités est de pouvoir tirer au maximum profit des évaluations des différentes unités d'évaluation et de la nature du projet du stagiaire.

c - Dynamique du questionnement

L'évaluation/orientation s'articule autour de la construction progressive d'un portrait du stagiaire faisant émerger ses aptitudes et la confrontation de ces aptitudes avec les exigences associées à un projet d'orientation (un poste, une fonction ou une formation) projet qu'il s'agit de valider, d'ajuster voire d'élaborer. Nous avons distingué dans ce questionnement le processus d'évaluation du processus d'orientation :

- le processus d'évaluation concerne, au niveau de chaque unité d'évaluation, le choix des épreuves à proposer au stagiaire lors de son passage, le recueil des évaluations obtenues à ces épreuves. Ce processus consiste aussi, après contrôle de cohérence, en l'intégration de ces évaluations de niveau local au niveau consensuel, conduisant à consolider le portrait du stagiaire;
- le processus d'orientation concerne la définition des exigences requises pour un projet d'orientation, la confrontation des aptitudes d'un stagiaire avec ces exigences, la validation, l'ajustement, le rejet de l'orientation considérée et la proposition au stagiaire d'un nouveau projet d'orientation, ceci au travers des différents bilans initial, intermédiaire et final.

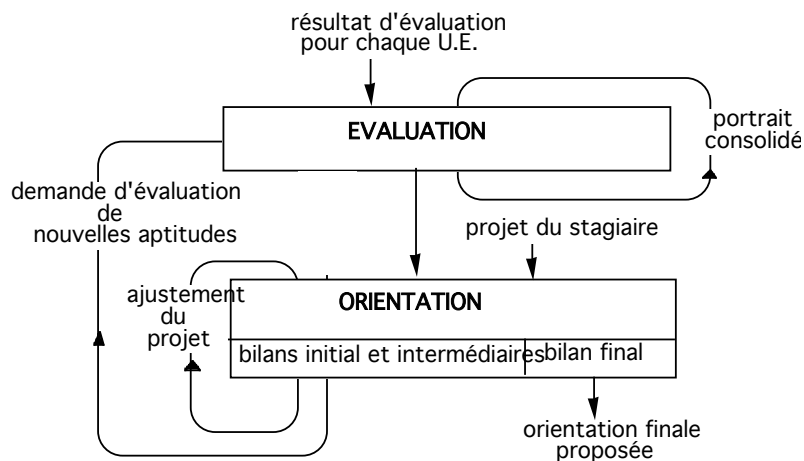


Figure 23 : Articulation des processus d'évaluation et d'orientation.

Comme l'illustre la figure précédente, ces deux processus sont fortement liés et de façon itérative. Ainsi, l'issue du processus d'orientation peut être de revenir sur le processus d'évaluation afin, par exemple, de confirmer certaines aptitudes ou d'en évaluer de nouvelles.

3.3.3.3. Présentation du prototype réalisé

Le prototype développé a pour objectif de supporter le processus de questionnement décrit précédemment. Il intervient à des degrés divers aux trois niveaux définis par DeSantis et Gallupe [DeSantis & al.85] que nous avons précédemment présentés (cf. 3.3.1), mais seulement de façon asynchrone. Une évolution vers le synchronisme pourrait être envisagée dans un second temps, afin par exemple, que le système supporte mieux la dynamique des échanges entre acteurs lors de réunions de bilan.

L'architecture générale du prototype réalisé repose sur trois modules principaux, les modules Analyse, Orientation et Évaluation. Ces trois modules sont des systèmes à bases de connaissances en interaction avec des acteurs humains travaillant en étroite collaboration : l'analyste, l'orienteur et l'évaluateur. Ils accèdent à des bases de données (certaines faisant partie de systèmes d'information développés par ailleurs) contenant les fiches de fonctions, les traits d'exigences possibles pour ces fonctions, les exigences définies pour chaque fonction et les critères d'évaluation des aptitudes. La figure suivante présente cette architecture en illustrant l'articulation entre ces trois modules.

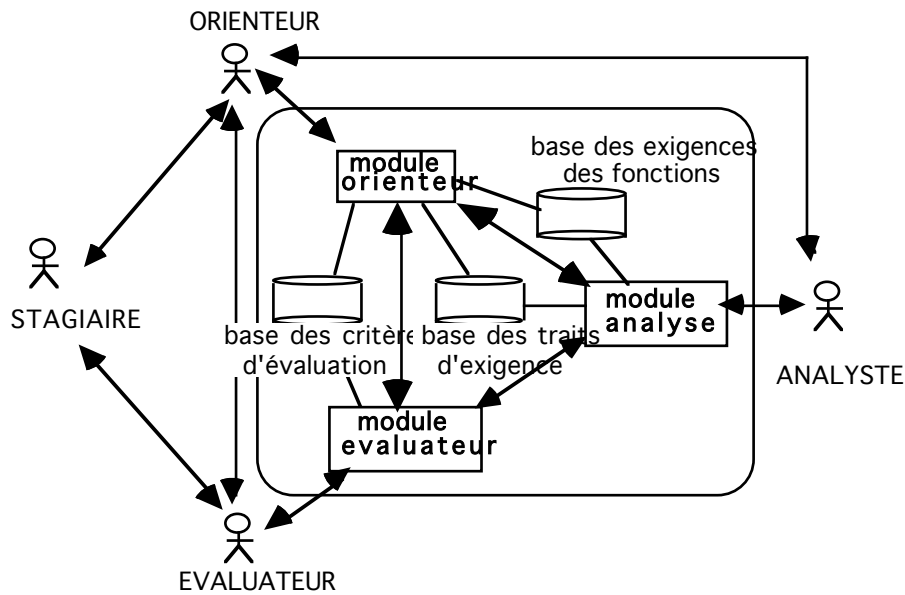


Figure 24 : Architecture générale du prototype

Le module Analyse : il apporte une assistance à "l'analyste", qui a pour rôle d'analyser (ou d'interpréter) des orientations possibles en terme d'exigences. Ces orientations possibles peuvent être définies soit à partir de fiches de fonctions, d'analyses de postes de travail proposés par des entreprises ou encore d'offres de programmes de formation. Dans le cadre du prototype, nous nous sommes seulement intéressés à des orientations de type fonction.

Le module Évaluation : il permet aux UE de recueillir les résultats d'évaluation obtenus par un candidat à une épreuve donnée. Des contrôles de cohérence sont effectués lors de la saisie des résultats. Ces résultats d'évaluation recueillis :

- il établit pour chaque UE et à partir des critères locaux renseignés, leurs incidences au niveau des critères consensuels, définissant ainsi la contribution de l'unité d'évaluation à la synthèse consensuelle;
- il réalise l'intégration de l'ensemble de ces contributions calculées pour chacune des unités d'évaluations. Cette intégration permet l'élaboration progressive du portrait consensuel et synthétique des aptitudes du stagiaire;
- il peut alors faire émerger du portrait consolidé les aptitudes déduites des valeurs des critères consensuels.

Le module Orientation : il apporte une aide interactive à "l'orienteur" qui doit s'assurer que le projet du candidat, une fonction, est adapté ou non aux aptitudes qui émergent au travers des évaluations réalisées au centre dans les différentes UE :

- il aide à l'élaboration du cheminement du candidat dans les diverses UE du centre. En effet, à chaque trait d'exigence de fonction est associé un ensemble de critères d'évaluation, en conséquence à un profil de fonction donné (projet du stagiaire) correspond un ensemble de critères pertinents qui doivent être renseignés. Il est alors possible au système de proposer à l'utilisateur un cheminement "optimal" du stagiaire au travers des diverses UE;
- il évalue les écarts entre le profil d'exigence associé à une fonction et le profil des aptitudes révélées du stagiaire. Ce dernier profil est obtenu par projection des aptitudes renseignées par les évaluations sur les traits associés à la fonction. Cette analyse des écarts peut conduire à suggérer une acceptation, un rejet, une nouvelle évaluation;
- il recherche dans la base des fonctions celles qui semblent les mieux adaptées aux aptitudes du stagiaire. Ceci permet à l'orienteur de lui proposer un nouveau projet plus réaliste. Il permet à l'utilisateur de simuler pour un stagiaire des valeurs à ses aptitudes afin d'imaginer de nouveaux scénarios mettant en oeuvre les menus précédents avec ces valeurs simulées.

Pour le développement du prototype, nous avons utilisé le langage agent Agora proposé dans l'environnement Common Lisp Realm sous Windows 3 (Advisia) spécialisé dans le développement de SMA. Ce choix se justifie par la complexité de la représentation et du traitement des connaissances impliquées (multiples critères, aptitudes, exigences,...). Cette complexité est notamment liée au travail sur les métriques, les méthodes d'agrégation sur les critères, l'émergence des aptitudes et à la simulation des raisonnements rattachés. Les langages agent nous ont semblé être la technique la mieux adaptée au traitement de cette complexité.

A l'issue de cette recherche nous pouvons faire les constatations suivantes, relatives aux limites du prototype réalisé et à la poursuite du projet. Tout d'abord les fonctionnalités de l'outil n'ont été développées que sommairement et un développement complémentaire est nécessaire. Il apparaît aussi que ses fonctionnalités pourraient être enrichies par l'introduction de la logique floue, comme le montre une étude menée parallèlement [Sanchez & al.93]. Elle permettrait notamment de prendre en considération le degré d'imprécision affectant les résultats d'évaluation, provenant à la fois d'imprécisions techniques mais aussi du comportement psychologique de l'évaluateur. Elle pourrait aussi permettre une confrontation plus nuancée entre profils d'aptitudes et d'exigences. Pour terminer sur les limites du prototype, rappelons que ses fonctionnalités sont asynchrones, asynchronisme jugé suffisant pour supporter dans un premier temps cette collaboration entre les membres du groupe. Une évolution vers le synchronisme pourrait être envisagée afin, par exemple, de mieux supporter la dynamique de groupe des réunions de bilan.

Enfin, une validation complète de la démarche et des outils (conceptuels et informatiques) proposés apparaît indispensable. Une validation méthodologique doit être conduite en élargissant le champ d'application à des centres de bilans ayant des problématiques légèrement différentes de celles du centre concerné par la recherche. Une validation technique du prototype doit être faite par son utilisation à titre expérimental dans plusieurs centres de bilan. Ces validations permettront aussi de s'assurer de la pertinence d'un enrichissement des fonctionnalités du prototype par l'apport de techniques liées à la logique floue.

3.3.4. Système multi-agents pour l'aide à la négociation de groupe

3.4.4.1. Problématique

Nous avons abordé avec le projet "Demeter" l'aide au travail de groupe dans des situations de collaboration. Nous abordons ici l'aide à la négociation. Les processus de négociation sont souvent caractérisés par des conflits d'intérêts, une non-coopération, l'existence de sources d'informations et de règles propres à chaque intervenant et que l'on n'est pas disposé à divulguer ou partager. On peut aussi y constater un manque de confiance mutuelle, une suspicion de la sincérité et de la bonne volonté des autres acteurs et des échanges du type marchandage. Les interactions entre acteurs ont principalement pour objectifs principaux l'intégration des points de vue, la recherche de consensus, de compromis.

Le concept de Système Interactif d'Aide à la Négociation (SIAN) ou Negotiation Support System (NSS) dans la littérature anglo-saxonne est tout aussi récent que celui des SIADG (GDSS) et il a pris une telle importance dans la communauté scientifique que l'intitulé NSS (SIAN) a fusionné depuis avec celui de GDSS pour ne faire qu'un seul corps de recherche : les GDNSS comme en témoigne [Bui & al.90]. Plusieurs projets de SIAN ont déjà vu le jour, citons notamment [Jarke & al.85]. On attend d'abord d'un SIAN qu'il permette de :

- rapprocher les points de vue et les positions respectives;
- concilier les différences en suggérant des solutions de compromis;
- accroître la qualité des rapports durant la négociation ainsi que des accords négociés.

En tant qu'outil d'aide à la communication entre antagonistes, les SIAN ont pour objet de réduire l'aspect émotionnel qui caractérise souvent les échanges et faire tomber les barrières liées aux influences et/ou aux "timidités". En tant que système d'aide à l'avancement du processus, ils aident les parties à identifier leurs vrais intérêts, à les placer dans le contexte de la confrontation avec les autres intérêts, et à évaluer l'importance qu'elles accordent à leurs

attentes. En tant que partie tierce et neutre, ces systèmes permettent de développer des scénarii qui tiennent compte des différentes positions.

Un SIAN est souvent constitué d'une panoplie de modèles et d'un métamodèle, fédérateur des échanges entre modèles. On associe en général, un modèle spécifique à chaque sous-processus du processus global de négociation. Les modèles centraux sur lesquels reposent ces systèmes sont, la plupart, puisés dans les techniques et modèles de la résolution de conflit dont beaucoup émanent de la théorie des jeux.

Depuis deux ans, nous nous intéressons aux systèmes d'aide à la négociation mettant en oeuvre des modèles multicritères de la décision. La négociation est abordée comme un processus constructif de résolution de conflit entre deux ou plusieurs parties ayant ses propres intérêts. Une tierce partie peut être sollicitée, en tant que médiateur, pour aider à gérer les interactions et faire des suggestions aux négociateurs. Notre recherche porte d'une part, sur l'élaboration d'une méthode multicritère et distribuée d'aide à la négociation [Espinasse 94e] et d'autre part, sur la conception et la réalisation d'un système multicritère prototype d'aide à la négociation basé sur cette méthode et développé selon une architecture multi-agents [Espinasse & al.95].

3.3.4.2. Une méthode multicritère et distribuée pour la négociation

De nombreuses méthodes et techniques multicritères ont vu le jour et ont permis de développer de nombreux SIAD opérationnels [Pomerol 92-93]. Cependant, il n'existe actuellement pratiquement pas de méthode, de technique multicritères, permettant d'appréhender un processus décisionnel, de négociation de groupe. Nous avons du développer une méthode multicritère permettant de supporter un tel processus et servant de fondement au développement de SIAN multicritères de groupe. Notons que parallèlement à notre recherche, d'autres recherches voisines se développent actuellement, notamment à l'Université Libre de Bruxelles (U.L.B.) [Marchant 94a-94b].

La méthode que nous proposons s'inspire largement de la méthode Promethee (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations) proposée par Brans, Mareschal et Vincke [Brans & al.84] dans un contexte de décideur unique. Cette méthode est une des plus récentes méthodes d'aide à la décision multicritères de surclassement qui ont émergées à la fin des années 60 sous l'impulsion de Roy qui proposa la méthode Electre [Roy 84-85]. Notre méthode se présente comme une extension de la méthode Promethee et doit nous permettre de supporter un processus de négociation de groupe. Plus précisément, elle aide un groupe de décideurs à se mettre d'accord sur un préordre consensuel. Pour conduire ce processus de négociation, nous aurons recours à un acteur, réel ou virtuel que nous nommerons le "médiateur" (ou "facilitateur"). Le processus de négociation sera distribué sur tous les membres du groupe, décideurs et médiateur.

Considérons donc un groupe de décideurs D_i devant choisir parmi un ensemble d'actions a_j pouvant être évaluées selon un ensemble de critères d'évaluation c_j . A chaque décideur de ce groupe est associée une matrice d'évaluation des actions par rapport à ces critères d'évaluation et une matrice collective de même type sera associée au médiateur comme l'illustre la figure suivante :

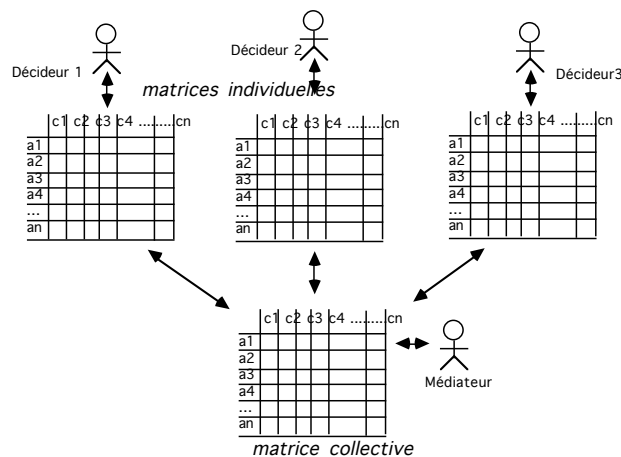


Figure 25: Matrices d'évaluation individuelles et collective.

Notre méthode comporte plusieurs phases comportant à leur tour des étapes :

Phase 1 : Évaluation individuelle

- étape 1 : chaque décideur du groupe élabore sa propre matrice d'évaluation;
- étape 2 : pour chaque décideur, à partir d'un calcul de flux, on obtient un "préordre individuel" sur les actions potentielles;
- étape 3 : les décideurs et le médiateur fixent, tous ensemble, une marge de négociation générale, indiquant un taux d'ajustement maximum accepté sur les évaluations et les poids de critères (par exemple + - 10%);

Phase 2 : Évaluation collective

- étape 1 : à partir de ces évaluations individuelles le médiateur calcule une matrice d'évaluation de groupe ou matrice d'évaluation collective (moyennes et dispersions);
- étape 2 : à partir de cette matrice d'évaluation collective, le médiateur établit un préordre en résultant appelé "préordre collectif";

Phase 3 : Conduite de la négociation

- étape 1 : test de consensus : pour chacun des décideurs, le médiateur isole toutes les actions du préordre individuel dont le flux total est supérieur ou égal à ce nombre: si une ou plusieurs actions sont commune(s) à tous les décideurs, alors il y a consensus; si le consensus n'est pas atteint , le médiateur définit à partir de ce préordre un seuil de consensus;
- étape 2 : classement des décideurs: le médiateur classe les décideurs en fonction de leur éloignement du préordre collectif;
- étape 3 : proposition d'ajustements: le médiateur indique à chaque décideur dans quel sens (accroissement ou réduction) certaines de ses évaluations ou pondérations de critères devraient être ajustées afin qu'un consensus soit trouvé;

Lors de cette étape, le médiateur pourra adopter plusieurs stratégies de conduite de négociation. Deux stratégies possibles sont :

- Stratégie de rapprochement des décideurs éloignés : on doit amener le décideur le plus loin du consensus vers le préordre collectif;
- Stratégie de changement du préordre collectif : on incitera les décideurs proches du préordre collectif à s'en éloigner et à se rapprocher des décideurs les plus éloignés du préordre collectif.

Retour en phase 1 : chaque décideur ajuste ou non ses évaluations et poids dans le sens préconisé par le médiateur.

3.3.4.3. NegociAD : un système multicritère et multi-agents d'aide à la négociation

Sur le base de ce modèle mathématique simple, nous avons développé avec une équipe d'étudiants de DEA du DIAM, un système informatique prototype d'aide à la négociation : NegociAD [Espinasse &al.95]. Pour développer ce prototype nous avons adopté une approche multi-agents. Le développement d'une première version de NegociAD a été réalisée selon cette approche multi-agents avec le langage de schémas ObjLog, qui nous a été nécessaire d'étendre à la problématique multi-agents. Rappelons qu'ObjLog est un langage auto-référent de développement de systèmes à base de connaissances est basé sur les schémas et permettant l'héritage multiple vertical, l'héritage multiple horizontal, la gestion des exceptions, la classification et l'analogie [Chouraqui &al.90][Dugerdil 89]. Les principales extensions à ce langage que nous avons du développer, portent sur les communications entre agents (décideurs et médiateurs) pouvant être implantés sur un réseau Ethernet de machines sous unix.

Le système développé s'articule autour d'une population d'agents artificiels distribués sur différentes machines dédiées aux décideurs et au médiateur. Ces agents artificiels sont de type cognitif notamment lorsqu'ils sont associés aux agents humains, d'autres agents sont plus

réactifs lorsqu'ils sont associés aux critères, actions, pondérateurs ou sont chargés de tâches de communication.

Les décideurs humains fixent à leurs agents artificiels associés, des consignes de négociation, actuellement une simple marge de négociation sur les évaluations des actions et la pondération des critères. La conduite du processus de négociation, menée par un agent médiateur artificiel, est semi-automatique par envois de messages entre agents (demandes et retours d'ajustements des évaluations afin d'atteindre un consensus).

Bien sûr, si l'atteinte d'un consensus n'est pas possible en restant dans les limites des consignes fixées par les décideurs, le système suspend la négociation afin que cette dernière soit poursuivie par une discussion entre les décideurs humains, animée par le médiateur. La figure suivante illustre cette architecture multi-agents adoptée :

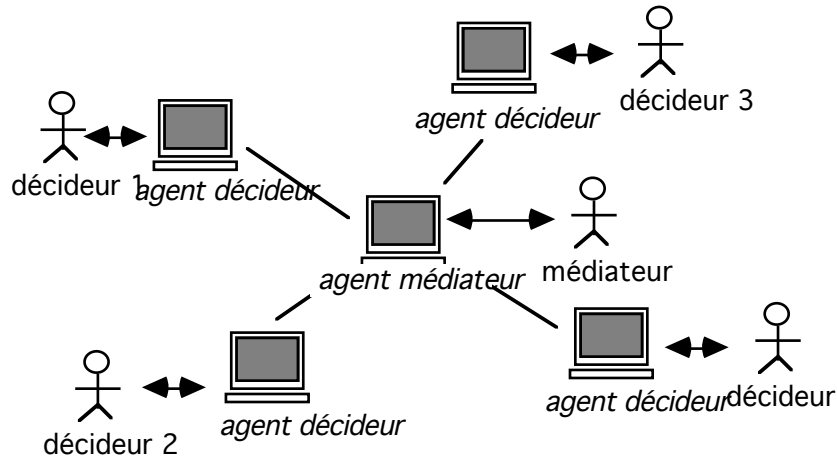


Figure 26 : Architecture générale de NegociAD.

Nous travaillons actuellement à l'amélioration du prototype, il s'agit tout d'abord de rendre l'interface homme-machine plus conviviale et d'améliorer les communications inter-agents afin de mieux pouvoir l'expérimenter avec des groupes de décideurs humains et d'avoir une performance acceptable dans la conduite semi-automatique du processus de négociation. Cette expérimentation devrait nous permettre de faire émerger des stratégies plus sophistiquées de négociation, relatives aux comportements des décideurs et du médiateur et de complexifier en conséquence notre prototype.

Cette complexification passera nécessairement par une complexification du modèle mathématique de la méthode multicritère de groupe que nous avons développé et adopté pour le développement de notre prototype. Les possibilités de détecter des regroupements possible de critères, des situations conflictuelles entre décideurs et l'émergence de coalitions entre ces derniers, aspects sur lesquels travaillent déjà l'équipe de l'U.L.B. [Marchant 94] doivent pouvoir être intégrées au modèle. L'émergence de stratégies de négociation, tant côté décideur que côté médiateur doivent aussi pouvoir être en partie prises en compte. Toutes ces extensions seront extrêmement pertinentes pour la conduite semi-automatique d'un processus de négociation entre agents.

Cette complexification devrait pouvoir être absorbée en exploitant plus encore les concepts (souvent très théoriques) qui actuellement émergent dans le domaine des univers multi-agents. Ainsi, nous pensons complexifier les agents de notre système (associés aux décideurs humains et au médiateur), en leur fournissant notamment des plans et des croyances afin qu'ils puissent exhiber des comportements de plus en plus sophistiqués leur permettant par exemple de développer des stratégies de négociation.

3.3.5. Conclusion

Les travaux de recherche que nous avons menés durant cette deuxième période (1990-1994) sur le thème de l'ingénierie des SIAD concernent plus particulièrement les processus

décisionnels de groupe et la mise en oeuvre de SMA (Systèmes Multi-Agents), nouvelle approche de modélisation et de programmation développée en IAD (Intelligence Artificielle Distribuée). Ces travaux de recherche relatifs aux SMA portent sur trois domaines d'application des SIAD; l'aide à la compréhension de situations complexes, l'aide à la collaboration (dans le domaine du bilan professionnel) et enfin l'aide à la négociation de groupe multicritère.

Nos travaux relatifs à l'aide à la compréhension nous ont permis d'une part d'appréhender, même de façon superficielle, les processus de compréhension. Si nous avons pu développer une architecture relativement pertinente, il nous a été difficile de développer un prototype nous permettant de la valider. En effet, au moment où nous faisons ces recherches, nous ne disposons pas encore de langages agents et nous avons dû développer notre prototype avec des langages traditionnels comme Ada, C++ et LeLisp. Nous nous sommes alors affronté à de nombreux problèmes que nous pourrions qualifier de "bas niveau", notamment relatifs à la communication et la gestion du temps. Ceci nous a conduit à illustrer nos recherches par un exemple extrêmement simple par rapport à notre ambition de départ. Aujourd'hui, une telle recherche devrait pouvoir être reprise et conduite, grâce à des environnements relativement spécifiques aux SMA (Mering IV, Agent 0, ...), au développement d'un prototype plus significatif qui nous permettrait de valider et faire évoluer l'architecture que nous avons proposée.

Les systèmes d'aide à la collaboration de groupe semblent devoir se développer dans un proche futur. Ces systèmes, tout en s'appuyant sur des systèmes d'informations opérationnels traditionnels, doivent permettre d'améliorer la qualité du travail de groupe voire d'en augmenter la productivité. Pour la conception de tels systèmes, il nous semble nécessaire de mener une réflexion conceptuelle plus avancée sur la collaboration et son support afin de pouvoir aider les concepteurs à la modéliser et à définir les fonctionnalités des aides à développer. En s'appuyant sur plusieurs expériences, des éléments méthodologiques pourraient alors émerger et peut être permettre d'élaborer une méthodologie de conception adaptée à de tels systèmes. Enfin, pour l'implémentation de tels systèmes, les langages agents, par leur grande souplesse, semblent tout particulièrement adaptés.

Nous avons ensuite abordé l'aide à la négociation au travers d'une approche multicritère. Nous avons appréhendé la négociation comme un processus constructif de résolution de conflit entre deux ou plusieurs parties ayant ses propres intérêts. Une tierce partie peut être sollicitée, en tant que médiateur, pour aider à gérer les interactions et faire des suggestions aux négociateurs. Nos travaux ont porté d'une part, sur l'élaboration d'une méthode multicritère et distribuée d'aide à la négociation et d'autre part, sur la conception et la réalisation d'un système multicritère prototype d'aide à la négociation basé sur cette méthode et développé selon une architecture multi-agents. Nous travaillons actuellement à étendre notre modèle conceptuel pour prendre en compte des stratégies de négociation, tant côté décideur que côté médiateur. Nous pensons pouvoir absorber cette complexification en exploitant plus encore les concepts (souvent très théoriques) qui actuellement émergent dans le domaine des univers multi-agents. Ainsi nous pensons complexifier les agents de notre système (associés aux décideurs humains et au médiateur), en leur fournissant notamment des plans et des croyances afin qu'ils puissent exhiber des comportements de plus en plus sophistiqués leur permettant par exemple de développer des stratégies de négociation.

Ainsi, au terme de ces travaux, l'approche par les SMA s'avère tout à fait adaptée à l'ingénierie des SIAD orientés connaissance destinés à des processus décisionnels individuels ou de groupe, privilégiant toujours la réflexion conceptuelle et épistémologique piagetienne que nous avons développée dans nos travaux antérieurs.

4. PROGRAMME DE RECHERCHE FUTUR

4.1. PROBLEMATIQUE GENERALE

Nos activités de recherche actuelles et futures se développent au DIAM (Département d'Informatique, d'Automatique et de Mécatronique), nouvellement créé à l'IUSPIM (Institut Universitaire des Sciences pour l'Ingénieur de Marseille) de l'Université d'Aix-Marseille III.

Dans le contexte de compétition globale qui est actuellement le notre, les processus décisionnels développés dans les organisations deviennent de plus en plus complexes. La compréhension, la simulation de tels processus ainsi que leur assistance, conduisent à des représentations et des traitements des connaissances de plus en plus sophistiqués. Toujours dans ce contexte et afin de répondre à la demande du marché, le cycle de vie des produits à développer tend à devenir de plus en plus court. Le raccourcissement de ces cycles de vie nécessite la coordination de processus décisionnels distribués entre de nombreuses équipes de conception, de fabrication, de logistique, de marketing, de finances... de l'organisation. Cette distribution des processus décisionnels sur un groupe d'agents décideurs, composés d'agents humains et/ou d'unités logicielles, accroît encore leur complexité.

Les possibilités offertes par les nouvelles techniques de traitements de l'information et des connaissances apportent de nouveaux challenges, notamment celui de développer de nouveaux SI supportant cette coordination d'activités organisationnelles (humaines et/ou artificielles) se développant dans des environnements fondamentalement distribués.

Nos recherches futures s'articulent autour d'une même problématique générale, celle d'une Ingénierie (Conception et Réalisation) de tels SI que l'on peut qualifier de SI "Intelligents", dans la mesure où ils permettent, à des organisations socio-économiques ou socio-techniques, de développer des comportements leur permettant de mieux s'adapter aux sollicitations de leur environnement. Le développement de tels nouveaux SI nécessite la définition de nouveaux principes de conception permettant d'appréhender d'une part la nature distribuée et coordinatrice de la résolution de problèmes par un groupe d'individus et/ou d'unités logicielles et d'autre part le développement de processus organisationnels d'adaptation (flexibilité) et d'apprentissage pouvant conduire à l'émergence d'une certaine "intelligence organisationnelle".

De tels SI nous semblent devoir être fondamentalement distribués et coopératifs et intégrer, de façon explicite, de plus en plus de connaissances (savoirs et savoir-faire). Aussi l'approche que nous privilégierons pour leur modélisation sera orientée connaissance et de nature constructiviste (processus progressifs d'acquisition et d'organisation de connaissances). Pour aborder cette modélisation à la fois orientée connaissance et distribuée, les systèmes multi-agents (SMA), relevant de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD), sont tout à fait adaptés.

La problématique de notre recherche future s'inscrit ainsi dans la continuité de nos recherches passées et a pour objectif principal de faire émerger les nouveaux principes sur lesquels pourraient reposer la conception de ces nouveaux SI dont les entreprises ont besoin. Afin de faire émerger ces principes, notre recherche s'articulera autour de deux grands thèmes majeurs, d'une part l'ingénierie des SMA et d'autre part l'ingénierie des SI distribués et coopératifs, privilégiant la mise en oeuvre de techniques orientées objet ou agent, développées dans le domaine du génie logiciel.

4.2. INGENIERIE DES SYSTEMES MULTI-AGENTS

La modélisation de ces SI distribués et coopératifs supportant la coordination dont ont besoin aujourd'hui les organisations est à la fois orientée connaissance et distribuée. Les SMA constituent un cadre conceptuel adapté pour cette modélisation. Comme nous l'avons déjà montré dans nos recherches passées, les SMA s'avèrent pertinents dans le développement de GNDSS (Group Negotiation and Decision Support Systems), systèmes pouvant supportant des processus décisionnels ou de négociation de groupe, relevant soit du domaine managérial

(décisions managériales de nature tactique ou stratégique), soit du domaine de la production (décisions dans le cadre de l'ingénierie simultanée).

Comme nous l'avons vu lors du dernier projet (NegocIAD), un aspect critique dans le développement de SMA réside dans les stratégies de coopération mises en oeuvre par les agents (qu'ils soient humains ou artificiels). Ces stratégies de coopération nécessitent la définition pour le groupe d'agents d'un méta niveau de connaissance pour convaincre les agents à effectivement travailler ensemble, en fait à étudier les conditions permettant une certaine "socialisation" de ces agents. Comme le font remarquer Shaw et Fox [Shaw et Fox 93], si le challenge de l'IA classique et plus particulièrement des SE consistaient à faire émerger les heuristiques développés par un expert humain et les simuler, dans le domaine des systèmes multi-agents, il s'agit notamment de comprendre comment un groupe d'agents humains peut collaborer à une même tâche et de s'en inspirer pour supporter ou assurer une telle collaboration entre des agents pouvant être humains et/ou artificiels. Un certain nombre de "repères" bibliographiques relatifs à cette "socialisation" existent déjà, citons entre autres les thèses récentes de T.Bouron [Bouron 93] et S.Trouilhet [Trouilhet 93], les travaux de Y.Shoham et M.Tennenholtz [Shoham 93], N.R.Jennings [Jennings 92] et de J.S.Rosenschein [Rosenschein & al.94].

Un autre défi pour les SMA nous semble être le développement de processus d'apprentissage entre agents permettant de renforcer la performance de ces systèmes. Dans les SMA les processus d'apprentissage s'avèrent encore plus nécessaires car ils sont aussi indispensables pour améliorer les interactions et le partage d'information entre agents associés aux processus décisionnels de groupe. Ce dernier challenge nous apparaît fondamental, car il nous permet d'aborder de façon plus concrète des concepts que nous avons très tôt (1981) mis en évidence, à savoir les concepts d'apprentissage et d'intelligence organisationnels.

Nos recherches futures sur le thème de l'ingénierie des SMA s'articuleront autour de deux sous thèmes principaux :

- le développement de SMA dans le contexte de la conception et la réalisation de GNDSS (aide à la collaboration);
- la mise en oeuvre de SMA dans la conception et la validation de modèles orientés connaissance de systèmes CIM distribués.

4.2.1. Ingénierie des SMA pour le développement de GNDSS

4.2.1.1. Introduction

La demande pour le développement de GNDSS est principalement associée à deux grands types de situations conflictuelles dans l'organisation : d'une part la nécessité d'un important partage d'information pour faire face à la complexité et à l'incertitude de l'environnement, et d'autre part, la volonté de faciliter la coordination parmi un groupe d'agents décideurs. Par agents décideurs, nous considérons des agents humains et/ou des agents artificiels.

L'objet des GNDSS est alors d'augmenter l'efficacité du processus décisionnel de groupe en améliorant les communications entre les membres du groupe, en mettant en oeuvre des modèles et techniques décisionnelles informatisées. En coordonnant efficacement les échanges d'information, ces systèmes fournissent de nouvelles approches pour les processus décisionnels collectifs et facilitent la résolution de problèmes faiblement structurés par un groupe d'agents.

Comme nous l'avons déjà vu (cf. 3.3.1), DeSantis et Gallupe définissent trois niveaux d'intervention possibles d'un GNDSS [DeSantis et Gallupe 87]. Nous nous situons au niveau 3, niveau auquel le support au processus décisionnel est le plus achevé et pleinement concerné par une approche multi-agents. A ce niveau, il s'agit pour ces GNDSS de supporter les processus de communication en proposant au groupe des schémas de communication, auxquels peuvent être associés des règles définissant les protocoles, les aspects temporels et les contenus pouvant être échangés entre les membres du groupe.

Dans le cadre de notre recherche future relative au GNDSS multi-agents, nous nous intéresserons plus particulièrement à deux points essentiels, la socialisation des agents

(humains et/ou artificiels) et l'émergence de processus d'apprentissage dans le cadre de ces processus décisionnel de groupe.

4.2.1.2. Socialisation des agents

L'originalité de notre approche pour aborder cette socialisation résidera dans le fait que nous nous appuyerons sur de nombreux travaux de recherche, largement associés à des expérimentations, déjà réalisés dans le domaine des GDSS concernant notamment les aspects psychosociaux se développant au sein des groupes de décideurs [Jessup & al.93][Bostrom & al.92]. En nous inspirant de ces divers travaux nous devrions proposer une conceptualisation de cette socialisation qui nous permettrait d'envisager toute simulation dans un univers multi-agents composés d'agents artificiels et/ou humains. Nous aborderons cette socialisation des agents en nous intéressant, avec l'éclairage des GDSS, à l'organisation des agents, à la distribution des connaissances parmi les agents, aux mécanismes de coopération et à la formulation/résolution de problème distribuées.

L'organisation des agents

La structure organisationnelle des agents conditionne fortement la somme des informations traitées et la coordination nécessaire pour que les agents agissent de façon efficace. De nombreux types d'organisations ont déjà été étudiés et comparés (souvent en référence à la Théorie des Organisations) afin d'assigner des rôles aux agents et ce concentrer sur le processus décisionnel [Fox 81].

Une première comparaison peut se faire selon trois axes : quantité de traitement nécessaire, quantité de coordination requise, degrés de vulnérabilité [Malone et Smith 88]. Une deuxième comparaison peut porter sur une mise en correspondance entre types d'organisation et natures de problème à résoudre [Fox 81]. Ainsi Fox articule complexité et incertitude associées aux tâches à réaliser avec le niveau de rationalité limitée dont dispose les agents dans le type d'organisation les associant. On peut enfin conduire cette comparaison en mettant l'accent sur la nature transitoire du processus décisionnel de groupe et évaluer la flexibilité et la dynamique des agents dans une organisation donnée [Cohen 86].

Dans le contexte des GNDSS, le groupe des agents décideurs fait souvent appel à un agent médiateur central, donnant un certain nombre de consignes, conseils ou suggestions aux agents décideurs (comme dans le système NégocIAD), on a alors affaire à une organisation de nature hiérarchique. Les agents peuvent aussi être organisés en hétérarchies, avec la flexibilité de constituer dynamiquement des sous-équipes temporaires. On peut enfin imaginer que ces agents utilisent des structure de marché pour élaborer des coalitions, comme dans les "contract-nets" [Davis et Smith 81].

La distribution de la connaissance

La distribution des connaissances parmi les agents du groupe est un point fondamental que nous souhaiterions aussi aborder. Il nous semble assez similaire à la répartition des données dans des bases de données d'un SI, elle peut être réelle ou virtuelle, être redondante ou non, conduire ou non à la définition de modalités de partage. Ainsi à un extrême les agents peuvent disposer de la même connaissance, à un autre extrême, chaque agent a sa propre connaissance sans aucune intersection avec les connaissances des autres, entre ces extrêmes une distribution des connaissances est définie, dans le cas intermédiaire, l'agent dispose de connaissances qu'il est prêt à partager selon des modalités à définir.

Mécanismes de coopération.

La coopération est indispensable dans la résolution de problème par plusieurs agents pour résoudre des conflits pouvant apparaître, pour l'allocation de ressources limitées, pour réconcilier des préférences différentes et rechercher des solutions dans un espace global à partir d'information locale. Les mécanismes de coopération sont basés sur un échange d'informations de diverses natures : données, faits, connaissances, plans, solutions, préférences, contraintes,... Pour aborder l'élaboration de stratégies de coopération cohérentes entre les agents (minimisant les conflits), on peut tout d'abord s'intéresser aux types d'organisation pouvant les fédérer pour assigner des rôles aux agents et ce concentrer sur le processus décisionnel (cf. point précédent).

Un certain nombre de mécanismes de coordination ont été développés en IAD, définissant chacun un protocole fixant le moment choisi pour les activités, des synchronisations d'événements, des séquences d'actions et les contenu des messages échangés dans le processus de coordination. Shaw et Fox [Shaw et Fox 93] distinguent sept types de coordination : par révision d'action, par synchronisation, par négociation, par médiation structurée de groupe, par satisfaction opportuniste de but, par échanges de préférences et enfin par raisonnement sous contraintes. Différentes méthodes pour améliorer la coopération et éviter des conflits ont déjà été définies :

- proposer un cadre de négociation aidant les agents à atteindre un accord pour la décomposition et l'allocation de tâche, la détermination d'organisation,...(Contract-net [Davis et Smith 81]);
- faciliter la répartition de tâches parmi des agents en utilisant des méthodes pour la décomposition d'un problème global et l'allocation de sous-tâches [Bond et Gasser 88];
- développer l'échange de résultats partiels, lorsque des agents travaillent sur des tâches qui ont un degré de "communauté" (commonality), pour converger vers des résultats globaux [Davis et Smith 81];
- opter pour une planification multi-agents afin d'atteindre une meilleure coordination des agents en leur assignant les tâches après un raisonnement sur les conséquences de la réalisation de ces tâches dans des séquences particulières [Katz et Rosenschein 89].

Face à un environnement complexe engendrant des situations conflictuelles, la coopération dans les SMA peut nécessiter la formation de coalitions. Ces mécanismes de formation de coalitions doivent être fondés sur une compréhension réparties, chez chaque agent, de ces situations. A partir de nos travaux précédents [Egéa, Espinasse, Viguier 92] sur l'aide à la compréhension de situations complexes, nous pensons pouvoir proposer, un cadre conceptuel pour aborder la compréhension répartie. Ce cadre conceptuel s'inspirerait des travaux de R.Wilenski sur les liens entre la planification et la compréhension en résolution de problème [Wilenski 83]. Chaque agent de cet univers serait défini selon une architecture d'agent spécialisés permettant par l'application du cadre conceptuel précédent, de développer cette compréhension répartie. Enfin, un cadre formel permettant d'appréhender l'étude des mécanismes de formation des coalitions est actuellement en cours d'élaboration. Ce cadre met en oeuvre à la fois les concepts d'alliances en théorie mathématique des jeux, et les structures prétopologiques. Il sera illustré par un exemple relatif au fonctionnement d'un atelier de robots autonomes.

Formulation/résolution de problème distribuées

Ce point concerne la formulation du problème, l'identification d'objectifs et l'attribution des tâches permettant sa résolution par les divers agents (humains/artificiels) constituant le groupe. Un problème à résoudre étant présenté à l'ensemble des agents du groupe, il s'agit pour ces derniers de le formuler, en proposer un modèle, en déduire des solutions, sélectionner une solution et finalement finaliser cette dernière. On parle alors de systèmes de raisonnements collaboratifs. Si les tâches permettant la résolution du problème sont structurées et connues, il s'agit alors de décomposer le problème en lui associant les tâches à réaliser, assigner ces tâches, la réalisation de ces tâches conduit alors à des solutions locales, et finalement effectuer une synthèse de ces solutions. Dans ce dernier cas on parle de systèmes distribués de résolution de problèmes. L'approche constructiviste (modèle cognitif constructiviste de la décision), que nous avons déjà proposée dans le cadre de la décision mono décideur, nous semble tout à fait adaptée.

4.2.1.3. Apprentissages individuel et organisationnel

L'apprentissage doit être considéré comme faisant pleinement partie de la résolution de problème, afin d'améliorer les stratégies, les connaissances et les aptitudes utilisées dans le processus décisionnel de groupe. Comme la socialisation des agents, l'éclairage des travaux déjà réalisés en GDSS (notamment de nature expérimentale et psychosociale) devrait nous permettre une conceptualisation originale des processus d'apprentissage pouvant se développer au sein des SMA. Nous distinguerons deux grands types de processus

d'apprentissage, les processus d'apprentissage individuels et les processus d'apprentissage organisationnels.

Les processus d'apprentissage individuels, associés à un processus décisionnel développé dans un groupe d'agents se développent grâce à un échange d'information, un transfert de connaissance ou une migration d'heuristique. Ils peuvent aussi être plus sophistiqués et être supportés chez chaque agent par des techniques spécifiques et être ainsi basé sur l'explication, sur un raisonnement sur des cas, voire être de type inductif. Enfin, un agent peut aussi apprendre en observant le comportement d'autres agents. Dans un contexte organisationnel, les processus d'apprentissage interagissent avec la performance dynamique des agents et sont fortement influencés par les processus de coordination.

Les processus d'apprentissage organisationnels émergent au niveau du groupe, par exemple au travers de processus collectifs d'induction de groupe, de techniques nominales de groupe, de brainstorming. De tels processus de groupe sont supportés par des séances d'échange d'information, et peuvent conduire à l'émergence de nouveaux concepts conduisant à de nouvelles solutions qui n'étaient pas accessibles par tout agent seul.

4.2.1.4. Démarche retenue

Dans nos précédentes recherches, nous avons abordé l'aide à la négociation avec une approche multicritère, comme un processus progressif de résolution de conflit entre deux ou plusieurs parties. Une tierce partie, le médiateur, est sollicitée pour aider à gérer les interactions et faire des suggestions aux négociateurs. Nos travaux ont porté d'une part, sur l'élaboration d'une méthode multicritère et distribuée d'aide à la négociation, et d'autre part sur la conception et la réalisation d'un système multicritère prototype d'aide à la négociation basé sur cette méthode et développé selon une architecture multi-agents (NegocIAD).

Nous travaillons actuellement à affiner notre conceptualisation pour prendre en compte des stratégies de négociation, tant du côté décideur que du côté médiateur, ceci en exploitant plus encore les concepts qui émergent dans le domaine des SMA. Ainsi nous pensons complexifier les agents artificiels de notre système, agents associés aux décideurs humains et au médiateur, en leur fournissant notamment des plans et des croyances afin qu'ils puissent exhiber des comportements de plus en plus sophistiqués leur permettant par exemple de développer des stratégies de négociation.

Afin de tirer partie de ces nouveaux concepts liés aux SMA, nous nous intéressons à des environnements agents avancés déjà disponibles et plus particulièrement à l'environnement AOP-Agent 0 développé par Y.Shoham [Shoham 91] avec lequel nous développons un autre prototype. Dans cet environnement, les agents sont dotés d'un état mental s'inspirant de la théorie des actes du langage et caractérisé notamment par des croyances, des obligations et des capacités. Un autre environnement, Mering IV développé par J.Ferber et P.Carles [Ferber 91], [Carles 94] et récemment installé au DIAM devrait aussi nous permettre de mieux mettre en oeuvre les concepts les plus avancés des univers multi-agents et faire évoluer notre système NegocIAD.

Cette aide à la négociation étudiée, nous nous intéresserons à un processus de groupe plus complexe concernant l'élaboration d'un budget dans une entreprise. Un tel processus, processus de collaboration/négociation de groupe est actuellement extrêmement long (plusieurs mois) et mobilise beaucoup de ressources humaines sous la direction du contrôleur de gestion. Nous avons déjà commencé l'étude de ces processus en collaboration avec un laboratoire de recherche en gestion-finance de notre université. Il s'agit ainsi de concevoir un "assistant" au contrôleur de gestion. Un tel assistant serait conçu comme un système multi-agents.

Cette recherche, qui fait en particulier l'objet d'une thèse (en co-direction avec E.Chouraqui), devrait nous permettre de préciser certains concepts encore théoriques des SMA dans le contexte de l'aide à la collaboration ou l'aide à la négociation et de définir de nouveaux concepts liés à la socialisation des agents. Enfin, des éléments méthodologiques, en terme de démarche de mise en oeuvre de ces concepts, devraient aussi émerger.

4.2.2. SMA pour la modélisation de systèmes CIM distribués

4.2.2.1. Introduction

L'émergence dans des années 80 du concept de CIM (Computer Integrated Manufacturing - ou Productique) est principalement liée à l'évolution profonde du comportement du marché [Baumgartner & al.91]. Nous sommes en effet passé d'un marché d'offre dans lequel les fabricants déterminaient la quantité, la qualité et les caractéristiques de leurs produits en fonction de leur programme de production, à un marché de demande dans lequel les fabricants doivent répondre aux désirs d'une clientèle qui détermine les produits et leurs caractéristiques. Une telle demande a conduit, entre autre, au concept de production guidée par la commande (order driven).

Le progrès technologique de ces dix dernières années a incité les investisseurs à créer de nouvelles entreprises conduisant à une augmentation de la compétitivité. Influencé par des facteurs économiques, sociaux et autres, le marché a été également marqué par la diminution du cycle de vie des produits ainsi que de leur prix. Afin d'assurer la compétitivité des entreprises, des stratégies ont été développées pour faire face à cette situation, les plus significatives étant l'augmentation de la qualité de produits, la diversification de variantes ainsi que de gamme de produits et une attention particulière aux délais de production et de livraison. La mise en oeuvre de telles stratégies a conduit les entreprises à :

- augmenter la qualité à tous les stades du cycle de vie du produit;
- réduire les coûts de production par un développement plus court, une rationalisation de la conception et une réduction des volumes des stocks ainsi que les en-cours (juste à temps);
- augmenter la flexibilité de production qui a conduit à une importante évolution des technologies de production (Group Technologies - G.T, Flexible Manufacturing Systems - F.M.S, etc.).

Ces actions ont conduit à une automatisation de la production fondée sur l'intégration des diverses fonctions de l'entreprise au moyen des techniques de l'information et à l'émergence du concept CIM. Le CIM peut être perçu comme une approche pour concevoir des systèmes de production, fondée sur les principes suivants [Baumgartner & al.91] : l'augmentation de la qualité des produits, la réduction des coûts de production et l'intégration (grâce aux technologies de l'information) des divers composants du système de production afin d'augmenter sa flexibilité.

4.2.2.2. Du CIM au CIM Distribué (D-CIM)

Dans les années 80, les recherches portant sur le CIM ont principalement portées sur l'étude d'organisations hiérarchiques, de SI centralisées, de systèmes de contrôle déterministes, des éléments de standardisation et le développement de plates-formes d'intégration. Depuis quelques années, un nouveau paradigme émerge, le Distributed CIM (D-CIM ou Productique Distribuée). Le D-CIM se distingue du CIM classique par une distribution croissante de compétences dans des unités actives disposant d'un degré d'autonomie important, conduisant notamment à des responsabilités et capacités décisionnelles distribuées, des coopérations entre partenaires et à l'ingénierie simultanée.

On distinguera dans la paradigme D-CIM deux grands types de distribution, la distribution inter-organisationnelle et la distribution intra-organisationnelle. La première désigne des systèmes distribués sur de sites différents. Le projet Dimun [Dimun 89] (programme européen RACE), aborde ce type de distribution en privilégiant les aspects communication. La distribution intra-organisationnelle caractérise des systèmes distribués au sein d'un même site. Ce dernier type de distribution constitue un des axes d'intérêt principaux du DIAM.

Le D-CIM a pour objectif de doter les entités de plus d'autonomie améliorant ainsi la réactivité et l'adaptabilité des systèmes de production aux changements. L'augmentation de l'autonomie évite le renvoi de prises de décision à d'autres niveaux et en conséquence réduit le transfert d'informations entre les entités décisionnelles. L'autonomie peut être acquise de plusieurs façons, notamment par décentralisation décisionnelle, par décentralisation de

compétences ou par ajout de compétences (compétences fonctionnelles ou de coopérations avec autres entités). Le D-CIM permet aussi d'accroître la dynamique permettant de rendre la structure organisationnelle de l'entreprise plus flexible (notamment en production guidée par la commande).

4.2.2.2. CIM-OSA

Pour conduire l'intégration des diverses fonctions de l'entreprise au moyen des technologies de l'information, il est nécessaire de disposer d'un cadre méthodologique proposant notamment des modèles généralisés et une architecture ouverte de système permettant d'identifier et de représenter les principaux composants, processus et activités, les principales sources d'information, de décisions et de contraintes nécessaires au fonctionnement de l'entreprise. Il faut de plus disposer d'une infrastructure intégrante permettant d'exécuter le modèle spécifié pour contrôler les opérations de l'entreprise.

Dans le cadre de notre recherche nous nous intéresserons au cadre méthodologique CIM-OSA (Computer Integrated Manufacturing - Open System Architecture), développée et validée dans plusieurs projets européen du programme ESPRIT⁹ [CIMOSA 91]. Plus qu'une architecture générale, CIM-OSA peut être considérée comme une méthodologie complète de mise en oeuvre de systèmes CIM, reposant sur trois principes de modélisation [Gaches & al.90] :

- *le principe d'instanciation* : suggère de construire le modèle particulier de l'entreprise à partir de modèles partiels, eux-mêmes exprimés en termes de constructions génériques de base ("constructs"). Les modèles partiels sont des modèles applicables à des secteurs industriels exprimés aussi en termes de constructions génériques de base;
- *le principe de dérivation* : s'articule autour de trois niveaux de description : les besoins, les spécifications de conception et l'implantation. Il consiste à modéliser d'abord les besoins de l'entreprise (le quoi), puis les spécifications de conception (différents modèles peuvent être développés pour étudier diverses alternatives par le biais de la simulation) et enfin la description de l'implantation (précisant les ressources humaines et les composants manufacturiers et informatiques mobilisés);
- *le principe de génération* : propose de modéliser suivant quatre vues :
 - *fonctionnelle* : description des objectifs, contraintes, règles déclaratives de l'entreprise, fonctionnalités et comportements des fonctions de celle-ci);
 - *informationnelle* : spécification, conception, analyse et description de l'implantation des aspects informationnels;
 - *relative aux ressources* : spécification et description des composants physiques;
 - *organisationnelle* : définition des responsabilités individuelles.

La modélisation aux trois niveaux de description se fait selon les quatre différentes vues et doit conduire à un modèle exécutable de l'entreprise.

4.2.2.3. Démarche retenue

Comme nous l'avons vu, le D-CIM a pour objectif de doter les entités du système de production de plus d'autonomie améliorant ainsi sa réactivité et son adaptabilité aux changements. Notre recherche, qui fait notamment l'objet d'une thèse (en co-direction avec E.Chouraqi), concerne la conception et la validation de modèles de systèmes CIM distribués (D-CIM) dans le cadre de l'architecture CIM-OSA étendue à la prise en compte de la distribution.

En nous plaçant dans le cadre de l'architecture CIM-OSA, nous nous intéressons à la modélisation d'ateliers flexibles de fabrication intégrant de façon progressive plus de distribution. Dans un premier temps nous ne nous intéresserons seulement au niveau de modélisation lié aux spécifications de conception, relativement à la vue fonctionnelle. Par une approche orientée connaissance et plus précisément mettant en oeuvre des SMA, nous

⁹ - L'architecture CIM-OSA a été développée par le consortium AMICE (European Computer Integrated Manufacturing Architecture) regroupant 21 compagnies européennes.

espérons aborder la conception et la validation des modèles proposés dans CIM-OSA étendue à la prise en compte de cette distribution. Enfin, ces recherches devraient nous permettre de proposer l'architecture générale d'un atelier prototype pour la conception et la validation de modèles D-CIM.

4.3. VERS UNE INGENIERIE DES SI DISTRIBUES ET COOPERATIFS

Les travaux de recherche menés durant la période précédente (1990-1994) sur le thème de l'ingénierie des SI étaient principalement liés à leur complexification croissante et à l'incorporation dans ces systèmes de plus en plus de connaissances ou savoir-faire de l'entreprise. Les travaux de recherche futurs envisagés sont dans la continuité des travaux précédents.

Tout d'abord nous poursuivront nos travaux sur l'élaboration d'une méthode de conception de SI orientée objet, méthode développée dans le cadre du projet Merise+ (recherche subventionnée par le Ministère de l'Industrie). Dans le projet Merise+, l'évolution vers l'objet de la méthode Merise ne concerne que la conception du SII (Système d'Information Informatisé) pour laquelle la méthode présente des insuffisances. Ces travaux nous ont conduit à proposer un cadre méthodologique s'articulant autour de trois modèles (de classes, de modules et dynamiques). Pour ces trois modèles, nous terminons la définition de métamodèles associés, sur lesquels repose la conception de l'atelier de génie logiciel, en cours de développement.

La pratique de ces nouveaux modèles devraient nous conduire à proposer une démarche spécifique à Merise+ (aménagement de la démarche de Merise relativement à la conception du SII), et vraisemblablement nous amener à remettre en cause les modèles proposés par Merise pour la conception du SIO (les niveaux conceptuel et organisationnel), et les faire aussi évoluer vers l'objet, ce qui conduirait à une remise en cause très profonde de Merise.

Ensuite, dans le contexte de compétition globale qui est actuellement le notre, les SI de l'entreprise doivent supporter la coordination de processus décisionnels distribués entre de nombreuses équipes de conception, de fabrication, de logistique, de marketing, de finances,... qui se développent en son sein. Ce contexte nécessite le développement de nouveaux principes de conception de SI prenant en compte la nature distribuée et coordinatrice de la résolution de problèmes par un groupe d'individus ou d'unités logicielles.

Au fur et à mesure que nos recherches sur le thème des SMA avanceront, notamment appliquées aux GNDSS, nous devrions pouvoir proposer un nouveau cadre de modélisation, de nouveaux principes pour la conception et la réalisation de ces SI distribués et coopératifs.

5. CONCLUSION GENERALE

Depuis une quinzaine d'années, nos travaux de recherche s'inscrivent dans la problématique générale de l'Ingénierie (conception et la réalisation) de Systèmes d'Information (SI) supportant l'organisation, dans son fonctionnement et son évolution. Cette problématique s'affirmait déjà dans le cadre de notre thèse soutenue en juillet 1981 abordant la conception des SI organisationnels dans la problématique de l'auto-organisation à partir du concept d'intelligence organisationnelle. Nous y développons une réflexion conceptuelle sur la place et le rôle du SI dans l'organisation et nous y introduisons les concepts relativement nouveaux dans le contexte des théories de l'organisation de l'époque, de mémoire, d'apprentissage et d'intelligence organisationnels et y avançons, à la suite de Z.S.Zannetos (1968), celui de "SI intelligent".

Dans le cadre de cette problématique générale, nos travaux de recherche se sont développés selon deux grands axes complémentaires, d'une part l'Ingénierie de Systèmes d'Information supportant le fonctionnement de l'organisation - SI - et d'autre part l'Ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, supportant plutôt son évolution - SIAD -, pour se rejoindre dans un seul thème de recherche fédérateur futur, l'Ingénierie des SI Distribués et Coopératifs.

Ingénierie des systèmes d'information

Les travaux menés de 1979 à 1990 sur cet axe concernent principalement les méthodes de conception. Nous avons ainsi contribué à l'élaboration de la méthode Merise que l'on peut considérer comme un standard de fait dans une bonne partie de l'Europe. Notre contribution porte plus particulièrement sur la modélisation de la dynamique dans un SI pour laquelle nous avons proposé une architecture fonctionnelle, plusieurs niveaux d'abstraction permettant de modéliser les traitements d'un SI à différents niveaux de préoccupation homogènes ainsi qu'un formalisme inspiré des réseaux de Pétri permettant l'élaboration de modèles de traitements à ces différents niveaux. Dans la problématique de la mise en oeuvre de l'EDI (Échange de Données Informatisé) dans les entreprises, nous avons introduit le concept de Système d'Information d'Échange Communautaire (SIEC) et proposé des éléments méthodologiques inspirés de la méthode Merise permettant d'appréhender la conception de ces systèmes.

A partir de 1990, nos travaux sont principalement liés à la complexification croissante des SI de l'entreprise et à l'incorporation dans ces systèmes de plus en plus de connaissances ou savoir-faire de l'entreprise. Nous avons ainsi contribué à faire évoluer la méthode Merise en proposant des extensions rendues nécessaires par l'accroissement de complexité des SI à concevoir et l'évolution des fonctionnalités des outils permettant de les supporter (SGBD, langages de 4^o génération, architecture client-serveur,...). Ces extensions, diffusées au travers d'un ouvrage, consistent en un aménagement des outils de modélisation notamment les niveaux d'abstraction, les modèles (modélisation organisationnelle des données,...) et les formalismes associés, plus particulièrement le formalisme Entité-Relation (types/sous-types, contraintes d'intégrité sémantiques,...).

Ensuite nous avons contribué à une évolution plus profonde de la méthode Merise vers une approche objet par un apport de la méthode Hood. Nous avons ainsi proposé un cadre méthodologique, Merise+, s'articulant autour de trois modèles (de classes, de modules et dynamiques) permettant d'aborder la conception du SII (Système d'Information Informatisé - niveaux logique et physique). La pratique de ces nouveaux modèles devrait nous conduire à proposer une démarche spécifique à Merise+ et vraisemblablement nous amener à remettre en cause les modèles proposés par Merise pour la conception du SIO (Système d'Information Organisationnel - niveaux conceptuel et organisationnel), en les faisant évoluer aussi vers l'objet.

Enfin nos travaux nous ont permis d'aborder une nouvelle approche de conception de SI, centrée sur les savoir-faire, amenant l'entreprise à une certaine introspection sur son métier, ses pratiques et même ses relations avec d'autres acteurs économiques, introspection pouvant permettre à la fois de préserver son expérience passée, mais aussi d'aborder l'avenir de façon plus volontariste.

Ingénierie des SIAD

Les travaux de recherche que nous avons menés de 1979 à 1990 sur cet axe nous ont conduit tout d'abord à préciser un certain nombre de faiblesses et limites des SIAD traditionnels. Ces limites et faiblesses nous ont semblé pouvoir être en grande partie levées par des techniques de représentation et d'interprétation de connaissances relevant de l'intelligence artificielle (IA), nous nous sommes alors intéressés à l'*Ingénierie des SIAD orientés connaissances*.

Notre recherche nous a ainsi conduit à développer, dans le domaine de l'assurance-vie, un prototype de système expert, le système Exvie. Ces travaux nous ont permis d'une part, de mieux mesurer les difficultés liées à l'acquisition, la représentation des connaissances et la nécessité de disposer de méthodes adaptées et d'autre part, de mieux maîtriser des outils de l'IA par la mise en oeuvre du moteur d'inférences Snark.

Nous avons aussi développé une réflexion conceptuelle et épistémologique spécifique afin de proposer un nouveau cadre conceptuel permettant de supporter le développement de ces SIAD orientés connaissances. En nous inspirant principalement des travaux de Piaget, nous avons proposé des éléments pour un nouveau paradigme de la décision, ainsi qu'un modèle de la décision plus cognitif, abordant les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissances, de nature soit associative (perceptif, intuitif), soit symbolique (logique, raisonnement).

Dans le cadre de ce modèle, nous avons tenté d'estimer la possible contribution à la simulation de ces processus cognitifs, de deux grands types de simulations cognitives sur ordinateur, l'IA et le connexionnisme. L'IA s'avère adaptée pour l'aide à la résolution de problème, de la dérivation d'un modèle résolutoire à partir d'un énoncé formel donné à l'élaboration et la mise en oeuvre de stratégies de résolution. Dans la formulation de problème, l'IA ne permet pas à elle seule de développer une aide satisfaisante dans l'élaboration d'un énoncé du problème ainsi que dans l'élaboration et les transformations de représentations abstraites devant conduire à cet énoncé. Les modèles connexionnistes nous sont apparus plus adaptés. Nous nous sommes alors intéressés à faire coopérer ces deux approches (IA et connexionniste) en développant un système hybride (Cogita) articulante (hybridation coopérative) un réseau neuromimétique multicouches à apprentissage par rétropropagation du gradient et un moteur d'inférences symbolique.

La mise en oeuvre de ces modèles connexionnistes et la réalisation de cette hybridation coopérative nous a posé d'importants problèmes de nature technique, méthodologique et conceptuelle. Ces problèmes nous ont conduit à considérer cette hybridation coopérative comme actuellement trop ambitieuse à concevoir et à réaliser. Aussi avons-nous décidé de nous intéresser à une simulation cognitive exclusivement symbolique en essayant de tirer parti de nouvelles approches qui commençaient à se développer dans la communauté scientifique, l'IA Distribuée (IAD) et les Systèmes Multi-Agents (SMA).

Ainsi, à partir de 1990 nous avons orientés nos travaux sur une *Ingénierie des SIAD orientée multi-agents*, en privilégiant toujours la réflexion conceptuelle et épistémologique piagetienne que nous avons développée dans nos travaux antérieurs. Tout d'abord, nous nous sommes intéressés à l'aide à la compréhension de situations complexes, ce qui nous a permis d'appréhender les processus cognitifs de compréhension et de développer une architecture multi-agents spécifique, architecture qui nous a été difficile d'implanter ne disposant pas encore de langage agents.

Nous sommes aussi passé à cette époque, d'une problématique d'aide à la décision individuelle à une problématique d'aide à la décision, à la négociation et à la collaboration de groupe conduisant au développement de GNDSS (Group Negotiation and Decision Support Systems). Nous avons ainsi développé des prototypes multi-agents pour l'aide au bilan professionnel et pour l'aide à la négociation multicritère de groupe. Cette dernière application étant encore un support de nos recherches actuelles et futures. En effet, nous travaillons à complexifier les agents de notre prototype (associés aux décideurs humains et au médiateur), en leur fournissant notamment des plans et des croyances afin qu'ils puissent exhiber des comportements de plus en plus sophistiqués leur permettant par exemple de développer des stratégies de négociation.

Vers une ingénierie des SI distribués et coopératifs

Dans le contexte économique de compétition globale, les processus décisionnels développés dans les organisations deviennent de plus en plus complexes. La compréhension, la simulation de tels processus ainsi que leur assistance, conduisent à des représentations et des traitements des connaissances sophistiqués. De plus, le cycle de vie des produits à concevoir et produire tend à devenir de plus en plus court, nécessitant la coordination de processus décisionnels distribués entre de nombreuses équipes de conception, de fabrication, de logistique, de marketing, de finances... de l'organisation. Cette distribution des processus décisionnels sur un groupe d'agents décideurs, composés d'agents humains et/ou d'unités logicielles, accroît encore leur complexité. Pour supporter cette coordination d'activités organisationnelles (humaines et/ou artificielles) se développant dans des environnements fondamentalement distribués, les organisations ont un besoin croissant de SI distribués et coopératifs.

La problématique générale de nos recherches futures porte sur la définition d'une Ingénierie (Conception et Réalisation) de SI distribués et coopératifs que l'on peut qualifier de SI "Intelligents" dans la mesure où ils permettent à des organisations socio-économiques ou socio-techniques de développer de façon plus efficace des comportements leur permettant de mieux s'adapter aux sollicitations de leur environnement. Le développement de tels nouveaux SI nécessite la définition de nouveaux principes de conception permettant d'appréhender d'une part la nature distribuée et coordinatrice de la résolution de problèmes par un groupe d'individus et/ou d'unités logicielles et d'autre part le développement de processus organisationnels d'adaptation (flexibilité) et d'apprentissage pouvant conduire à l'émergence d'une certaine "intelligence organisationnelle". Conçus selon ces nouveaux principes, encore à définir, de tels SI nous semblent devoir être fondamentalement distribués et coopératifs et intégrer, de façon explicite, de plus en plus de connaissances (savoir et savoir-faire). Aussi l'approche que nous privilégierons pour leur modélisation sera orientée connaissance et de nature constructiviste (processus progressifs d'acquisition et d'organisation de connaissances).

Pour la modélisation de ces SI distribués et coopératifs, à la fois orientée connaissance et distribuée, les SMA constituent un cadre conceptuel adapté. Comme nous l'avons déjà montré, les SMA s'avèrent adaptés au développement de GNDSS, systèmes pouvant supportant des processus décisionnels et de négociation de groupe, relevant soit du domaine managérial (décisions managériales de nature tactique ou stratégique), soit du domaine de la production (décisions dans le cadre de l'ingénierie simultanée).

Ainsi, en nous appuyant sur l'ingénierie des SMA, nous pensons pouvoir faire émerger les principes d'une ingénierie des SI distribués et coopératifs, support à l'émergence d'une intelligence organisationnelle. Mais cette ingénierie des SMA en est encore qu'à ses débuts, aussi nous apparaît-il nécessaire d'y contribuer. Notre contribution portera principalement sur la socialisation (des agents) et sur l'émergence de processus d'apprentissage (émergence d'intelligence organisationnelle).

L'originalité de notre approche pour aborder cette socialisation comme ces processus d'apprentissage, résidera dans le fait que nous nous appuyerons sur de nombreux travaux de recherche, largement associés à des expérimentations, déjà réalisés dans le domaine des GNDSS, concernant notamment les aspects psychosociaux des groupes de décideurs. En nous inspirant de ces divers travaux nous devrions proposer une conceptualisation de cette socialisation et de ces processus d'apprentissage, qui nous permettrait d'envisager toute simulation dans un univers multi-agents composés d'agents artificiels et/ou humains. Nos travaux sur cette ingénierie des SMA se développera dans la poursuite de nos travaux sur la conception et la réalisation de GNDSS, mais aussi sur un nouveau champ d'application, la conception et la validation de modèles orientés connaissance de systèmes productiques (CIM) distribués actuellement en émergence.

Au fur et à mesure que nos recherches en ingénierie des SMA avanceront, nous devrions pouvoir proposer un nouveau cadre de modélisation, de nouveaux principes pour la conception et la réalisation de ces SI distribués et coopératifs, supportant l'émergence d'une intelligence organisationnelle et ainsi nous acheminer progressivement vers une ingénierie des SI Intelligents, ingénierie qu'avait déjà entrevu dès 1968, Z.S.Zannetos.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [Amy &al.90] B.Amy, B.Giacometti, A.Gut, «Modèles connexionnistes de l'expertise», *Proc. Neuro-Nimes 90*, Pub. EC2, Paris.
- [ANS 75] l'ANSI-SPARC, «Study Group on Data Base Management Systems : Interim report 785-02-08», ACM SIGMOD Newsletter, vol 7, n°2, 1975.
- [Baumgartner &al.91] H.Baumgartner, K.Knischewski, H.Wieding, CIM-Basisbetrachtungen, Siemens aktiengesellschaft, Berlin & Munich, 1991, traduction française : CIM-Proposition pour une mise en oeuvre de la productique, Teknéa, 1991.
- [Bergman &al.91] M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, «Merise et l'EDI: contribution à une méthode de conception de systèmes d'information d'échange communautaire», *Autour et à l'entour de MERISE; les méthodes de conception en perspective*, 17-19 avril 1991, Sophia Antipolis, AFCET - GID - CERAM, publication AFCET 91, pp. 375-392.
- [Bernier &al.86e] G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, «Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie», *Assurance* (Revue trimestrielle consacrée à l'étude théorique et pratique de l'assurance au Canada), ISSN 0004-6027, n°3, octobre 86, pp. 451-456.
- [Bochereau &al.89] L.Bochereau, P.Bourgine, «Implémentation et extraction de traits sémantiques sur un réseau neuro-mimétique : exemple de la première annonce au bridge», *Neuro-Nimes 89*, Publication EC2, Paris.
- [Bonczek &al.81] R.H.Bonczek, C.W.Holsapple, A.B.Whinston, *Foundations of Decision Support Systems*, Academic Press, 1981.
- [Bond &al.88] H.A.Bond, L.Gasser, «*Readings in Distributed Artificial Intelligence* », Morgan Kaufman, 1988.
- [Booch 88] G.Booch, *Ingénierie du logiciel avec Ada*, InterEditions, 1988.
- [Booch 93] G.Booch, *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*, second edition, The Benjamin Cummings Publishing Company, 1993.
- [Borel &al.83] M.J.Borel, J.B.Grize, D.Mieville, *Essai de logique naturelle*, Peter Lang, Berne, Francfort, NewYork, 1983.
- [Borillo &al.82] M.Borillo et al., *Approches formelles de la sémantique naturelle*, Laboratoire de Langages et Systèmes Informatiques, Toulouse, C.N.R.S., 1982.
- [Bostrom &al.92] R.P.Bostrom, R.T.Watson, S.T.Kinney, *Computer Augmented Teamwork*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- [Bourgine &al.87c] P.Bourgine, B.Espinasse, «Aide à la décision, une approche constructiviste», colloque sur le développement des sciences et pratiques de l'organisation, *L'Aide à la Décision dans l'Organisation*, Paris, 10-11-12 mars 1987, publication AFCET 87.
- [Bourgine 89] P.Bourgine, «Le langage PROMAT et sa machine virtuelle», 7^o Congrès Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle, Publication AFCET, 1989, pp. 1011.
- [Bouron 93] T.Bouron, *Structures de communication et d'organisation pour la coopération dans un univers multi-agents*, Thèse de l'Université Paris VI, LAFORIA, février 1993.
- [Bouyssou 89] D.Bouyssou, « Problèmes de construction de critères », cahier du Lamsade N°91, Université Paris-Dauphine, 1989.

- [Bouzeghoub & al.94] M.Bouzeghoub, G.Gardarin, P.Valduriez, *Du C++ à Merise Objet : Objets*, Eyrolles, Paris, 1994.
- [Brans & al.91] J.P.Brans, Mareschal, « The Promcalc and Gaia Decision Support System for Multicriteria Decision Aid », IFORS SPC1, Bruges, Mars 1991.
- [Brunet & al.94] E.Brunet et J.-L.Ermine, «Problématique de la gestion des connaissances des organisations», *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès Editeur, Vol.2 - n°3, 1994, pp.263-291.
- [Bui & al.90] T.X.Bui, T.Jelassi, M.F.Shakun, «Group Decision and Negotiation Support Systems», *European Journal of Operational Research special issue*, vol.46, no 2, May 25, 1990.
- [Carles & al.94] P.Carles, J.Ferber, «MERING IV : Manuel d'utilisation», *ONERA-LAFORIA*, 1994.
- [Castellani 93] X.Castellani, *Méthodologie générale d'analyse et de conception des systèmes d'objets ; tome 1 : L'ingénierie des besoins*, Masson, 1993.
- [Cauvet & al.91] C.Cauvet, C.Rolland, « Conception des systèmes d'information : une approche orientée objet », in *Autour et à l'entour de Merise : les méthodes de conception en perspective*, Actes du congrès AFCET-CERAM, 17-18-19 avril 1991, Sophia-Antipolis, publication AFCET, 1991.
- [CCE 90] Rapport d'activité du programme TEDIS-1988-1989, COM(90) 361, juillet 1990.
- [Chouraqui & al.90] E.Chouraqui, C.Fauchet C, «Un langage de schéma étendu et extensible» , in *International Conference on Artificial Intelligence, Applications and neural Networks, IASTED*, Zurich, june 25-27, 1990.
- [CIM-OSA 91] *CIM-OSA : Open System Architecture for CIM*, Research Reports ESPRITS, Projet 688/5288 - AMICE - Vol.1, 2nd revised and extended edition, Springer-Verlag, 1991.
- [Clifford & al.84] J.Clifford, M.Jarke, Y.Vassiliou, «Database acces requirements of knowledge-based systems», C.R.I.S., New York University, 1984 .
- [Coad & al.92] P.Coad, Y.Yourdon, traduction française de A. Boughlan, *Analyse Orientée Objet*, Masson, 1992.
- [Cohen 86] M.D.Cohen, «Artificial Intelligence and the dynamic Performance of Organisationnal Designs», in *J.March and R.Weissinger-Baylon, Eds. Ambiguity and Command* , (Pitman, Marshfield, MA, 1986) .
- [Courbon 79] J.C.Courbon, «Aide à la décision et intelligence collective», in "*Petits groupes et grands systèmes*" , Edition Hommes et Techniques, Paris, 1979.
- [Courbon 82] J.C.Courbon, «Processus de décision et aide à la décision», in *Economies et Sociétés* , Séries Sciences de gestion, n°3, tome XVI, n°12, 1982.
- [Courbon 84] J.C.Courbon, «Transparency of Data Information and Models», in *Decision Support Systems, Proc. IFORS*, Washington, 1984.
- [CTI 79] Centre Technique Informatique, *Méthode de définition d'un système d'information*, Mission Informatique, Ministère de l'Industrie, 1979.
- [Cyert & al.70] R.M.Cyert, J.G.March, *Théorie du comportement de l'entreprise*, Dunod, Paris, 1970.
- [Daumas 82] F.Daumas, «Couplage fort entre un moteur d'inférences et un SGBD relationnel», Thèse d'ingénieur CNAM, soutenue le 29 juin 1988, Centre d'Aix-en-Provence.

- [Davis et Smith 81] R.Davis, R.G.Smith, «Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving», *IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1981.
- [De Bruye 81] P.De Bruye, *Modèles de décision; les rationalités de l'action*, Centre d'Etudes Praxéologiques, Louvain-la-Neuve, 1981.
- [Demeter 91] Demeter, *Rapport d'étude comparée sur la pratique des bilans professionnels*, Association Demeter, 1991.
- [DeSantis &al.87] G.De Santis, R.B.Gallupe, « A foundation for the Study of Group Decision Support System », in *Management Science*, vol.33, no. 5, May 1987.
- [Dimun 89] Dimun. «Specification for Distributed Manufacturing Communications Systems», RACE Project n° 1039, Deliverade D2-2, 1989.
- [Drèze 75] J.Drèze, «Some Theory of Labor Management and Participation», Reprint N°270, C.O.R.E., Université Catholique de Louvain,1975.
- [Egée &al.92d] M.Egée, B.Espinasse, M.Viguié, «Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture», *CECOIA III, 3ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Tokyo, Japan, 31 août - 4 sept. 92, publication JASMIN/IFORS 92, pp. 415-418.
- [Espinasse 81] B.Espinasse, Autonomie et intelligence organisationnelle, éléments théoriques et applications à la conception de systèmes d'information intelligents, Thèse de Doctorat 3e Cycle en systèmes d'information, Université Aix-Marseille III, juillet 1981. Thèse effectuée en tant qu'allocataire de recherche C.N.R.S. affecté au GRASCE (URA CNRS N°935).
- [Espinasse &al.85] B.Espinasse, J.F.Loisselle. «Présentation du système Exvie». Document de travail, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, Canada, 1987.
- [Espinasse &al.86a] B.Espinasse, D.Lafrance, «Une application de l'intelligence artificielle en administration : systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie». Rapport de recherche n°86-104, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., fév. 1986.
- [Espinasse &al.86b] B.Espinasse, D.Pascot, «Les systèmes Interactifs d'aide à la décision : pour une démarche orientée connaissance», Note de recherche n°86-06, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse &al.86c] B.Espinasse, R.Mantha, «Bases de données relationnelles et connaissances», *Bases de données, Le relationnel: mythe et réalité*, Editions Eyrolles 1986, édité par A.Flory et M.Bouzeghoub.
- [Espinasse 86d] B.Espinasse, «Intelligence artificielle et connaissances», document spécial n°86-108, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., juin 1986.
- [Espinasse 87a] B.Espinasse, «Systèmes d'information organisationnels et intelligence artificielle: quelques perspectives», Actes des ateliers du CRIT, «Bureautique et intelligence artificielle», le 29 avril à Montréal, publication du CRIT, 1987, pp. 57-78.
- [Espinasse &al.87b] B.Espinasse, D.Pascot, «Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach», in *Economics and Artificial Intelligence*, Pergamon Press 1987, édité par J.-L.Le Moigne et J.-L.Ross.

- [Espinasse 90] B.Espinasse, «Cognition de la décision : intérêts et limites de l'intelligence artificielle», *CECOIA II, 2^{ème} Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Paris, France, 2-6 juillet 90, publication AFCET 90, pp. 61-72.
- [Espinasse &al.92a] B.Espinasse, D.Nanci, «Entity Relationship Formalism Extensions: Generalization, Specialization and Semantic Constraints Specification», note de recherche n°92-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 92.
- [Espinasse 92b] B.Espinasse, «Des systèmes d'information opérationnels aux systèmes d'information stratégiques et communautaires», note de recherche, août 92.
- [Espinasse &al.93a] B.Espinasse, S.Nabitz, «Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up», *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics : Systems Engineering in the Service of Humans*, Le Touquet, France, 17-20 octobre 93, volume I, pp. 453-458.
- [Espinasse 93b] B.Espinasse, «Co-operative Work Support Systems for Professional Check-up», *AIEM 3, 3^{ème} Conférence Internationale en Intelligence Artificielle en Economie et Management*, Portland, Oregon, USA, 25-27 août 93.
- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Un système interactif d'aide au bilan professionnel: de la synthèse à la collaboration», *Revue des Systèmes de Décision/ Journal of Decision Systems*, Vol. 3, n°1, 1994, Hermès Editeur, pp. 7-28.
- [Espinasse 94b] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *Decision Support Systems, the International Journal*, N°12, 1994, pp. 277-286.
- [Espinasse &al.94c] Rapports internes dans le cadre d'un projet Européen du programme BRITE/EURAM 4390. Ce projet a débuté en décembre 91 et se terminera en décembre 94. Il a pour objet la conception et la réalisation d'une usine flexible de fabrication de façades architectoniques. Rapports relatifs à la partie informatique.
- [Espinasse &al.94d] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+: Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», *INFORSID 94*, pp. 189-205, à paraître fin 94 dans la *Revue des Systèmes des Systèmes d'Information*, Hermès Editeur.
- [Espinasse 94e] B.Espinasse, «Systèmes d'aide à la négociation : une approche multicritère distribuée», Note de recherche interne, DIAM-IUSPIM, 1994.
- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, T.Pauner, «NegociAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support», *International Workshop on the Design of Cooperative Systems*, INRIA, Antibes-Juan-les-Pins, 25-27 janvier, 1995.
- [Feldman &al.81] M.S.Feldman, J.G.March, «Information in Organization as Signal and Symbol», *Administrative Science Quarterly*, n°26, 1981, pp.171-186.
- [Ferber &al.88] J.Ferber, M.Ghallab, « Problématique des univers multi-agents intelligents », Actes des journées nationales du PRC-GRECO Intelligence Artificielle, Teknea Ed. Toulouse, 1988.
- [Ferber &al.91] J.Ferber, P.Carles, «Actors and Agents as Reflective Concurrent Objects : a Mering IV Perspective», *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1991.

- [Ferber 89] J.Ferber, *Objets et agents : une étude des structures de représentation et de communication en intelligence artificielle*, Thèse d'Etat, Université Paris VI, 1989.
- [Festinger 57] L.Festinger, *A Theory of Cognitive Dissonance*, N.Y. Harper & Row Publishers, 1957.
- [Fox 81] M.S.Fox, «An Organizational View of Distributed Systems», *IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1981.
- [Fox 83] M.S.Fox, «ISIS: A Constraint-Directed Reasoning Approach to Job Shop Scheduling», *EEE Conference on Trends and Applications 83*, National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland, 1983.
- [Fox 85] M.S.Fox, «Knowledge Representation for Decision Support Systems», in *Knowledge Representation for Decision Support Systems*, edited by L.B.Methlie and R.M.Sprague, North Holland, 1985.
- [Gaches &al.90] R.Gaches, B.Querenet, P.Viollet, F.-B.Vernadat, «CIM-OSA: une architecture ouverte pour la productique», 1990.
- [Gallant 88] S.I.Gallant, «Connectionist Expert Systems», *Communication of the ACM*, february 88, volume 31, Number 2.
- [Gane &al.79] C.Gane, T.Sarson, *Structured Analysis : tools and techniques*, Prentice Hall, 1979.
- [Garbay &al.89] C.Garbay, S.Pesty, « MAPS : un système multi-agents pour la résolution de problèmes », in : 7^o congrés Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, 29 nov. 89, Paris, AFCET Publication, 1989.
- [Gardner 85] H.Gardner, *The Mind's New Science: a History of Cognitive Révolution*, Basic Books, New York, 1985.
- [Giambiasi &al.89] N.Giambiasi, R.Lbath, C.Touzet, «Une approche connexionniste pour l'implication floue», *Proc. Neuro-Nimes 90*, Pub. EC2, Paris, pp 143-158.
- [GPEM 93] Groupe Permanent d'Etude des Marchés Informatique et Communication, *Les méthodes de développement informatique : une nécessaire évolution*, Comité Interministériel de l'Information et de la Bureautique dans l'Administration, Secretariat de la Commission Centrale des Marchés, ISBN 2/11/O87666/2, juin 93.
- [Granier &al.89] J.Granier, B.Espinasse, «SNARX, Un langage symbolique de représentation et d'interprétation des connaissances: présentation et illustration», note de recherche n°89-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 89.
- [Granier 86] J.Granier, «Réalisation d'un système d'ingénierie assisté par ordinateur à partir d'une version de Snark en langage C», Journées Systèmes Experts d'Avignon, mai 86.
- [Granier 90] J.Granier, «Un système d'ingénierie assisté par ordinateur pour la conception des équipements d'irrigation : une application réalisée en langage snarx», Thèse de l'Université Montpellier II, juillet 90.
- [Grize 82] J.B.Grize, *De la logique à l'argumentation*, Librairie Droz, Genève, 1982.
- [Hayes &al.74] J.R.Hayes, H.A.Simon, "Understanding Written Problem Instructions", in L.W.Greag (ed) - *Knowledge and Cognition*, Potomac, Ma.Erlbaum, 1974, pp 167-200.
- [Heckenroth &al.80] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Niveau de modèles, formalismes et outils pour la dynamique dans les systèmes

- d'information», *Congrès INFORSID 80*, 7 janvier 1980, Eguilles, France, publication A.F.C.E.T., 1980.
- [Heckenroth & al.81a] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Modèles et outils pour la conception de la cinématique dans un système d'informations», Rapport de Recherche INRIA no 310, GRASCE/CNRS (Université Aix-Marseille III) - C.E.T.E. Méditerranée, janvier 1981.
- [Hendler 89] J.A.Hendler, «Problem Solving and Reaseaning: A Connectionist Perspective», in *Connectionism in Perspective*, R.Peifer, Z.Schreter, F.Fogelman-Soulier, L.Steels Editors, Elsevier Science Publisher, B.V., North Holland, 1989.
- [Hoc 87] J.R.Hoc, *Psychologie cognitive de la planification*, Presses Universitaires de Grenoble, 1987.
- [Hood 92] *Hood Reference Manual*, version 3.1.1, Hood User Group, june 92.
- [Huard 80] P.Huard, «Rationalité et Identité: vers une alternative à la théorie de la décision dans les organisations», *Revue économique*, vol.31, n°3, 1980, Paris, pp.540-572.
- [Jarke & al.83] M.Jarke, Y.Vassiliou, «Coupling expert systems with database management systems», NYU symposium, may 1983, New Jersey, Ablex pub., 1983.
- [Jarke & al.85] M.Jarke, T.Jelassi, M.F.Shakun, « Mediator: Toward a Negotiation Support System », Working paper CRIS n°93-GBA n°85-36(CR), Center for Research on Information Systems, New York University, 1985.
- [Jelassi & al.85] T.Jelassi, M.Jarke, E.A.Stohr, « Designing a Generalized Multiple Criteria Decision Support System », *Journal of Management Information System*, Vol.1 n°4, 1985, pp. 24-43.
- [Jelassi & al.92] T.Jelassi, « Du présent au futur : Bilan et Orientations des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision », in *L'administration et les nouveaux outils d'aide à la décision*, STH Editions, 1992.
- [Jennings 92] N.R.Jennings, « Towards a Cooperation Knowledge Level For Collaborative Problem Solving », ECAI 92, 10th European Conference on Artificial Intelligence, Edited by B.Neumann, John Wiley & Sons, 1992.
- [Jessup & al.93] L.M.Jessup, J.S.Valacich, *Group Support Systems: News Perspectives*, Macmillan Publishing, 1993.
- [Karsenty 93] A.Karsenty, « Le collecticiel : de l'interaction homme-machine à la communication homme-machine », Rapport de Recherche N°834, avril 93, LRI (CNRS URA 410), Université de Paris Sud, France, 1993.
- [Katz & al.89] M.J.Katz, J.S.Rosenschein, «Plans for Multiples Agents», in *Distributed Artificial Intelligence Vol. II* by L.Gasser & M.N.Huhns, Morgan Kaufmann Publishers, Inc, San Mateo, Calif., 1989.
- [Keen & al. 78] P.G.W.Keen, M.S.Scott Morton, *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*, Addison-Wesley, 1978.
- [Labidi & al.93] S.Labidi, W.Lejouad, «De l'Intelligence Artificielle Distribuée aux Systèmes Multi-agents», Rapport de Recherche INRIA N°2004, août 93.
- [Lai 91] M.Lai, *Conception Orientée Objet : Pratique de la méthode HOOD*, Editions Dunod Informatique, 1991, 2^e édition.

- [Landry &al.85] M.Landry, D.Pascot, D.Briolat, «Can DSS Enolve without Changing Our View of the Concept of Problem», *North Holland, Decision Support Systems 1* , pp.25-36.
- [Landry 83] M.Landry, «Qu'est-ce qu'un problème», *INFOR* , vol.12, N°1, février 83.
- [Laurière 76] J.L.Laurière, «Un langage et un programme pour énoncer et résoudre des problèmes combinatoires», Thèse de Doctorat d'état, Université Paris VI, 1976.
- [Laurière 82] J.L.Laurière, «La représentation des connaissances», T.S.I., Techniques et Sciences Informatiques, vol.1, n°2, 1982.
- [Laurière 82] J.L.Laurière, «Les systèmes experts», T.S.I., Techniques et Sciences Informatiques, vol.1, n°3 et 4, 1982.
- [Laurière 83] J.L.Laurière, «SNARK; un moteur d'inférence pour systèmes experts en logique d'ordre un», rapport de l'Institut de programmation, Université PARIS VI, 1983
- [Laurière 85] J.L.Laurière, *Intelligence Artificielle: Résolution de problèmes par l'Homme et la machine*, Eyrolles éditeur, 1985.
- [Laurière 86] J.L.Laurière, «Un langage déclaratif: SNARK, Symbolic Normalized Acquisition and Representation of Knowledge», T.S.I., Techniques et Sciences Informatiques en 1986.
- [Laurière 87] J.L.Laurière, *Intelligence Artificielle: La représentation des connaissances*, Eyrolles éditeur, 1987.
- [LeMoigne 73] J.L.Le Moigne, *Les systèmes d'information dans les organisations*, PUF, Paris, 1973.
- [LeMoigne 77] J.L.Le Moigne, *Théorie du système général, théorie de la modélisation*, PUF, Paris, 1977.
- [LeMoigne 87] J.L.Le Moigne, «Intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence», in *Nouvelle encyclopédie des Sciences et des Techniques*, Fayard, Paris, 1987.
- [LeMoigne 90] J.L.Le Moigne, *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, Paris 1990.
- [Levine &al.89] P.Levine, J.-Ch.Pomerol, *SIAD et systèmes experts*, Hermés, Paris, 1989.
- [Levine &al.89] P.Levine, J.-Ch.Pomerol, *Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts*, Hermés, Paris, 1989.
- [Loiselle 86] J.-F.Loiselle, «Exvie : un système expert d'aide à la sélection des risques en assurance vie», Mémoire de MBA, Faculté des Sciences de l'Administration, Laval, Canada, 1986.
- [Lolies 91] L.Lolies, «Couplage entre un langage symbolique de représentation et d'interprétation de connaissances et des réseaux neuromimétiques multi-couches en apprentissage par rétropropagation du gradient», Mémoire de DEA d'automatique et d'Informatique, mention XIAO, Université Aix-Marseille III.
- [Malone &al.88] T.W.Malone, S.A.Smith, «Modeling the performance of Organizational Structures», *Oerational Research*, n°36, (1988), pp.421-436.
- [March 78] J.G.March, «Bounded Rationality, Ambiguity, and the engineering of choice», *The Bell Journal of Economics*, vol.9, n°2, fall 1978, pp.587-608.

- [Marchant &al.94a] T.Marchant, A.Mosmans, «Projet homme-machine pour un système d'aide à la décision de groupe», note de recherche (version provisoire), Université Libre de Bruxelles, 1994.
- [Marchant &al.94b] T.Marchant, B.Mareschal, J.-P.Brans, «Promethee et Gaia in a multi-decision maker environment», note de recherche (version provisoire), Université Libre de Bruxelles, 1994.
- [Memmi 89] D.Memmi, «Connexionism and Artificial Intelligence as Cognitive Models», Notes et Document du LIMSI-CNRS, juin 89.
- [Memmi 90] D.Memmi, «Connexionnisme, intelligence artificielle et modélisation cognitive», in Modèles connexionnistes, *Intellectica* n°9-10, 1990, pp. 41-79.
- [Mintzberg 73] H. Mintzberg, *The Nature of Managerial Work*, Harper & Row, 1973.
- [Nanci &al.92b] D.Nanci, B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Heckenroth, *Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième génération*, SYBEX, Paris, juin 92, 685 pages. Préface de J.L.Le Moigne et H.Tardieu, 2° édition 1994.
- [Newell &al.72] A.Newell, H.A.Simons, *Humain Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1972.
- [Newell 69] A.Newell, «Heuristic Programming Ill-Structured Problems», in *Progress in Operations Research*, Volume III, J.S. Aronofsky (ed.), John Wiley & Sons, 1969.
- [Piaget 75] J.Piaget, *L'équilibration des structures cognitives*, Presses Universitaires de France, Paris, 1975.
- [Piaget 76] J.Piaget, *Logique et connaissance scientifique*, Encyclopédie de la Pleiade, Paris, 1976.
- [Piaget 79] J.Piaget, *L'épistémologie génétique*, Presses Universitaires de France, 3° édition, Paris, 1979.
- [Pomerol &al.93] J.-Ch.Pomerol, S.Barba-Romero, *Choix multicritère dans l'entreprise: principe et pratique*, Hermès, 1993.
- [Pomerol 92] J.-Ch.Pomerol, « SIAD multicritères : Problématique et exemples », in *Les SIAD "intelligents" : utilisateurs et réalisateurs*, Journée AFCET du 18 juin 1992.
- [Porter 90] M.Porter, *Competitive Advantage*, The Free Press, Macmillan Pub., 1985, Traduction française : *L'avantage concurrentiel : comment devancer ses concurrents et maintenir son avance*, InterEditions, 1990.
- [Pounds 69] W.F.Pounds, *The process of problem finding*, Massachusett Institute of Technology, 1969.
- [Ramaprasad &al.84] A.Ramaprasad, I.Mitroff, «On Formulating Strategic Problems», *Academy of Management Review*, No.4, 1984, pp.597-605.
- [Reiter 84] R.Reiter, «Towards a logical reconstruction of relational database theory», *On conceptual modeling*, New York, Springer Verlag, 1984.
- [Rochfeld &al.93] A.Rochfeld, M.Bouzeghoub, «From Merise to OOM », in *Ingénierie des systèmes d'information*, Vol.1 N°2, pp 151-176, 1993.
- [Rosenschein & al.94] J.S.Rosenschein, G.Zlotkin, « Designing Conventions for Automated Negotiation », *AI Magazine*, Fall 94, pp.29-46, 1994.
- [Roy 76] B.Roy, « Optimisation et Aide à la décision », *Journal de la Société de Statistique de Paris*, vol.117, N°3, pp. 208-215, 1976.

- [Roy 84] B.Roy, J.M.Skalka, « Electre IS, aspects méthodologiques et guide d'utilisation », Cahier du Lamsade, Université Paris-Dauphine n° 30, 1984.
- [Roy 85] B.Roy, *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*, Economica, Paris, 1985.
- [Rumbaugh &al.91] J.Rumbaugh, M.Blaha, W.Premarlani, F.Eddy, W.Lorensen, *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall, 1991.
- [Rumelhart &al.86] D.E.Rumelhart, J.L.McCelland, éd., *Parallel Distributed Processing*, Volume I & II, Cambridge, Ma., MIT Press, 1986.
- [Sanchez &al.93] E.Sanchez, Ph.Pierre, « Apport de la logique floue au projet Demeter », Rapport de fin de contrat, Association Demeter, 1993.
- [Sandoval 90] V.Sandoval, *L'échange de données informatisées pour l'entreprise*, Editions Hermès, Paris, 1990.
- [Schank &al.77] R.C.Schank, R.Abelson, *Scripts, Plans, Goals and Understanding*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1977.
- [Sfez 73] L.Sfez, *Critique de la décision*, Armand Colin, 1973.
- [Shaw &al.93] M.J.Shaw, M.S.Fox, «Distributed artificial intelligence for group decision support», in *Decision Support System*, N°9, North Holland, 1993, pp 349-367.
- [Shlaer &al.90] S.Shlaer, S.J.Mellor, *Object life cycles : Modeling the world in states*, Prentice Hall, 1990.
- [Shoham &al.93] Y.Shoham, M.Tennenholtz, «On Social Laws for Artificial Agents Societies : Off-Line Design», to appear in the *Journal of Artificial Intelligence*, 1993.
- [Shoham 93] Y.Shoham, «Agent-Oriented Programming», *Artificial Intelligence*, N°60, Elsevier, Artint 931, 1993, pp.51-92.
- [Simon 60-77] H.A.Simon, *The New Science of Management Decision*, New York, Harper & Row, 1960, nouvelle édition 1977, traduction française: Le nouveau management: la décision par les ordinateurs, Paris, Economica, 1980.
- [Simon 79] H.A.Simon, «Rational Decision Making in Business Organisations», *American economic Review*, in *Models of Bounded Rationality*, Vol.II, MIT Press, Cambridge, Mass., 1979.
- [Simon 83] H.A.Simon, «Search and Reasoning in Problem Solving», *Artificial Intelligence n°21*, 1983, pp.7.
- [Sprague & al. 82] R.H.Sprague, E.D.Carlson, *Building Effective Decision Support Systems*, Prentice-Hall, 1982.
- [Stoven 90] B.Stoven, *EDIFACT*, Simprofrance, Paris, 2^eédition, 1990.
- [Tardieu &al.79] H.Tardieu, B.Espinasse, «Conception des systèmes d'information: comparaison de trois méthodes», *Journée d'étude A.F.C.E.T. du 29 mars 1979*, Paris, publication A.F.C.E.T., 1979.
- [Tardieu &al.83] H.Tardieu, A.Rochfeld, R.Coletti, M.Vahée, *La méthode Merise*, Editions d'organisation, 1983.
- [Tardieu &al.91] H.Tardieu, B.Guthmann, *Le triangle stratégique : stratégie, structure et technologie de l'information*, Editions d'organisation, Paris, 1987.
- [Toulmin 58] S.Toulmin, *The uses of the Argument*, University Press, Cambridge, 1958.
- [Trouilhet 93] S.Trouilhet, *Représentation et traitement des connaissances sociales chez l'agent*, Thèse de l'Université Paul Sabatier, Irit-Toulouse

- [Vanek 75] J.Vanek, *Self-management : Economic Liberation of Man* , Perguin Modern Economics Reading, 1975.
- [Varela 79] F.Varela, *Principles of Biological Autonomy*, North Holland, 1979, Traduction française "Autonomie et connaissance; Essai sur le vivant», Editions du Seuil, 1989.
- [Vassiliou &al.84] Y.Vassiliou, J.Clifford, M.Jarke, «Access to specific declarative knowledge by expert systems; the impact of the logic programming», C.R.I.S., New York University, 1984 .
- [Vialatte 84] M.Vialatte, «Introduction de méta-connaissance, de gestion d'hypothèses, de logique d'ordre zéro et deux dans SNARK», rapport de l'Institut de programmation, Université PARIS VI, 1984.
- [Vialatte 85] M.Vialatte, «Description et application du moteur d'inférence SNARK», thèse de Doctorat, Université de PARIS VI, mai 1985.
- [Vogel 88] C.Vogel, *Génie cognitif*, Masson, Paris, 1988.
- [Wiederhold 84] G.Wiederhold, «Knowledge and database management», IEEE Software, janvier 1984, pp. 63-73.
- [Wilenski 83] R.Wilenski, *Planning and Understanding : A computational approach to human reasoning*, Addison - Wesley, 1983.
- [Wiseman 87] Ch.Wiseman, *L'informatique stratégique : nouvel atout de la compétitivité*, Editions d'organisation, Paris, 1991.
- [Zannetos 68] Z.S.Zannetos, «Towards Intelligent Management Information Systems», Massachusetts Institute of Technology, Cambridge I.M.R., spring 68, Vol.9, n°3.

III.- ENCADREMENT DE TRAVAUX DE RECHERCHE

Depuis plusieurs années, j'ai pu diriger ou co-diriger un certain nombre de travaux de recherche dans le cadre de programmes proposés dans différentes institutions (Universités ou Ecoles d'ingénieur).

1. THESES DE DOCTORAT D'UNIVERSITE

SPINOZA Marcio, «Contribution à l'évolution vers la distribution du paradigme CIM : une approche orientée connaissance et multi-agents pour la modélisation de systèmes flexibles de fabrication», Thèse IUSPIM, Université Aix-Marseille III. Soutenance prévue en 1995.

Direction à 50 % avec Eugène CHOURAQUI.

Cette recherche concerne la conception et la validation de modèles de systèmes CIM distribués (D-CIM) dans le cadre de l'architecture CIMOSA étendue à la prise en compte de cette distribution. Le D-CIM a pour objectif de doter les entités de plus d'autonomie améliorant ainsi la réactivité et l'adaptabilité des systèmes de production aux changements. En nous plaçant dans le cadre de l'architecture CIMOSA, nous nous intéressons à la modélisation dans le cadre de cette architecture des ateliers flexibles de fabrication intégrant de façon progressive plus de distribution. Par une approche orientée connaissance et plus précisément mettant en oeuvre des SMA, nous espérons aborder la conception et la validation des modèles proposés dans CIMOSA étendue à la prise en compte de cette distribution. Enfin, ces recherches devraient nous permettre de proposer l'architecture générale d'un atelier prototype pour la conception et la validation de modèles D-CIM.

PICOLET Guy, «Systèmes Multi-agents pour l'aide à la décision et à la négociation de groupe», Thèse IUSPIM, Université Aix-Marseille III. Soutenance prévue en 1986.

Direction à 50 % avec Eugène CHOURAQUI.

Cette recherche s'inscrit dans la continuité de nos travaux sur les systèmes d'aide à la décision et à la négociation de groupe. En nous appuyant sur une complexification du système multicritères et multi-agents NégocIAD en accordant aux agents (décideurs et médiateur) plus d'autonomie ceci au travers de plans et de croyances afin qu'ils puissent exhiber des comportements de plus en plus sophistiqués leur permettant par exemple de développer des stratégies de négociation. Cette aide à la négociation étudiée, nous nous intéresserons à un processus de groupe plus complexe concernant l'élaboration d'un budget dans une entreprise. Un tel processus, processus de collaboration/négociation de groupe est actuellement extrêmement long (plusieurs mois) et mobilise beaucoup de ressources humaines sous la direction du contrôleur de gestion. Il s'agit ainsi de concevoir un "assistant" au contrôleur de gestion, conçu comme un système multi-agents. Cette recherche devrait nous permettre de préciser certains concepts encore théoriques des SMA dans le contexte de l'aide à la collaboration ou l'aide à la négociation et de définir de nouveaux concepts liés à la socialisation des agents. Enfin, des aspects méthodologiques devraient émerger.

2. THESES DE DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE

LABAN Françoise, «Sur la modélisation des systèmes d'information organisationnels intelligents», Thèse de troisième cycle, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III, soutenue le 18 décembre 1989. *Jury* : M.BERGMAN, M.GRANIER, J.L.LE MOIGNE, J.A.BARTOLI, B.ESPINASSE.

Direction à 30 % avec Jean-Louis LE MOIGNE.

Cette recherche, de nature conceptuelle, traite tout d'abord de l'émergence des concepts de système d'information et de système d'information organisationnel. Ensuite, une réflexion sur l'intelligence et l'intelligence artificielle permet de définir l'intelligence qui pourrait être introduite dans les systèmes d'information organisationnels. Un prototype développé en Prolog relatif à la gestion des connaissances d'un cabinet d'ingénieur conseil en management illustre ce concept de système d'information organisationnel intelligent.

3. THESE D'INGENIEUR CNAM

DAUMAS Françoise, «Couplage fort entre un moteur d'inférences et un SGBD relationnel», Thèse d'ingénieur CNAM, soutenue le 29 juin 1988, Centre d'Aix-en-Provence.

Direction à 80 %

Ce travail a porté sur l'étude des couplages entre un SGBD relationnel et un moteur d'inférences. Un couplage fort, c'est à dire activable dans le cycle d'inférence, a été réalisé entre le SGBD relationnel INGRES et le moteur d'inférences SNARK à conduit à développer une bibliothèque de primitives spécifiques.

4. ENCADREMENT D'ETUDIANTS DE DEA

1994

PAUNER Thierry, «Aide à la décision et systèmes multi-agents : mise en oeuvre et extensions possibles d'OBJLOG», Mémoire de DEA XIAO 93-94, IUSPIM, Université Aix-Marseille III, soutenue en septembre 94.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet NegociAD, portant sur la conception et la réalisation d'un système multicritère et multi-agents pour l'aide à la négociation. Sa participation au projet a porté d'une part, sur le développement du prototype dans une architecture distribuée en langage ObjLog et d'autre part à la spécification d'extension de ce langage au contexte multi-agents sur le modèle de Agent-0 de Shoham [Shoham 91]. Ce travail a conduit à une communication dans un atelier international organisé par l'INRIA en janvier 95.

TSIAZONALY Solofo, «Un système d'aide à la décision de groupe : une approche multi-agents dans le paradigme de Shoham», Mémoire de DEA XIAO 93-94, IUSPIM, Université Aix-Marseille III, soutenue en septembre 94.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet NegociAD, portant sur la conception et la réalisation d'un système multicritère et multi-agents pour l'aide à la négociation. Son travail a consisté à porté sur une étude des concepts associés au paradigme AOP et à l'environnement multi-agents Agent 0 développés par Y.Shoham [Shoham 91], environnement dans lequel les agents sont dotés d'un état mental s'inspirant de la théorie des actes du langage et caractérisé notamment par des croyances, des obligations et des capacités.

1993

LUQUE Olivier, «Application de la méthodologie des systèmes multi-agents aux SIAD multicritères de groupe», Mémoire de DEA XIAO, IUSPIM - GRTC/CNRS, Université Aix-Marseille III, soutenu en septembre 93.

Direction 100%

La recherche de cet étudiant concerne le développement d'un système d'aide à la négociation multicritère et multi-agents. Sa participation a principalement porté sur le développement d'une première maquette réalisée en langage Objlog.

1992

KORCHIA Laurent, «De la modélisation des processus décisionnels à la conception d'un système interactif d'aide à la décision : un système d'aide à l'évaluation et à l'orientation professionnelle», Mémoire de DEA d'Ingénierie des Organisations, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet Demeter sur la conception et la réalisation d'un système d'aide à la collaboration dans le domaine du bilan professionnel.

AMABILE Serge, «Pilotage des organisations complexes : le concept de système d'information stratégique intelligent», Mémoire de DEA d'Ingénierie des Organisations, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

Cette recherche est une recherche prospective sur le concept de "système d'information stratégique intelligent", à partir des travaux de Ch. Wiseman [Wiseman 87] et de H.Tardieu et B.Guthmann [Tardieu &al.91].

D'ONORIO di MEO Alain, «Les technologies de l'information dans le pilotage et l'intégration de systèmes de production dans le secteur du bâtiment», Mémoire de DEA d'Ingénierie des Organisations, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet BRITE-EURAM N°4390 sur la conception et la réalisation d'un système d'information pour une unité flexible de préfabrication architectonique. Sa participation concernait plus précisément la validation de la banque des savoir-faire.

BEQUIGNON Cyrille, «Etude d'un poste de commandement intelligent pour les services d'incendie et de secours du Var», Mémoire de DEA d'Ingénierie des Organisations, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

En relation avec le centre d'intervention des pompiers de Toulon, cette recherche consistait en un état de l'art sur les systèmes informatisés d'aide au commandement, et de l'intérêt des nouvelles technologies de traitement de l'information, notamment l'intelligence artificielle et la cartographie numérique.

1991

MIONI Valérie et REDOLFI Jean-Pierre, «Volumétrie et architecture d'un système d'information bancaire (Caisse d'Epargne de Marseille)», Mémoire de DEA d'Ingénierie des Organisations, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

Ce travail, réalisé en collaboration avec la Caisse d'Epargne de Marseille, consistait à évaluer et dimensionner des architectures techniques alternatives devant supporter le système d'information bancaire.

LOLIES Laurent, «Couplage entre un langage symbolique de représentation et d'interprétation de connaissances et des réseaux neuromimétiques multi-couches en apprentissage par rétropropagation du gradient», Mémoire de DEA d'automatique et d'Informatique, mention XIAO, Université Aix-Marseille III.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet COGITA, portant sur la conception et la réalisation d'un environnement symbolico-connexionniste. Sa participation au projet a porté principalement sur le développement de l'hybridation, couplage entre le système Snarx et un simulateur de réseaux neuromimétiques multicouches en apprentissage (rétropropagation du gradient).

5. THESES PROFESSIONNELLES (MASTERES SPECIALISES)

1991

NGUER Momar, «Optimisation d'applications développées autour de machine base de données relationnelle (Teradata DBC/1012)», Thèse professionnelle dans le cadre du Mastère Spécialisé en Systèmes d'Information et Intelligence Artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès.

Direction à 100 %

Cette recherche est associée à un projet en collaboration avec La Poste sur l'optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la machine base de données TERADATA DBC/1012. La contribution de cet étudiant à la recherche concerne la définition de différentes techniques d'optimisation, les tester sur site et de proposer une démarche pour les mettre en oeuvre. Cette recherche m'a permis de développer les spécifications fonctionnelles d'un système expert d'aide à cette optimisation.

1990

SEMPERE Lionel, «Une maquette d'aide à l'acquisition des connaissances pour le diagnostic d'entreprise», Thèse professionnelle dans le cadre du Mastère Spécialisé en Systèmes d'Information et Intelligence Artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès.

Direction à 100 %

Ce travail, réalisé en collaboration avec un cabinet d'expert comptable lyonnais consistait au développement d'une maquette, réalisée en langage Prolog, d'un système d'aide au diagnostic d'entreprise.

DAOUD Karam, «Poste de travail client-serveur», Thèse professionnelle dans le cadre du Mastère Spécialisé en Systèmes d'Information et Intelligence Artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès.

Direction à 100 %

Ce travail, réalisé en collaboration avec la filiale informatique des Charbonnages de France (CDFI) consistait à concevoir et réaliser une architecture type client-serveur asynchrone (à l'époque, ce type d'architecture n'était qu'en émergence, pas encore de produits commercialisés).

DJONKAM Antoine, «Système expert pour la génération automatique de gammes de laminage», Thèse professionnelle soutenue le 10-10-88, dans le cadre du Mastère Spécialisé en Intelligence Artificielle et Applications de l'Ecole Supérieur des Ingénieurs de Marseille.

Direction à 50 % avec M.BERGMAN

Cette recherche, réalisée avec la société Asco-Métal (Fos), consistait au développement d'un système expert prototype pour la génération de gamme de laminage.

6. DIVERS

LAFRANCE Denis, «Systèmes experts pour l'évaluation des risques en assurance-vie», Mémoire de fin d'étude de MBA Spécialisé en Systèmes d'Information de la Faculté des Sciences de l'Administration, soutenu le 15-06-86, Université LAVAL, CANADA.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est rattachée au projet EXVIE sur la conception et la réalisation d'un système expert prototype en assurance vie, projet réalisé en collaboration avec plusieurs compagnie d'assurance vie canadiennes. La participation de l'étudiant concernait plus précisément l'étude de faisabilité et la phase de génie cognitif (extraction des connaissances des experts). Ce travail a donné lieu à deux publications.

LOISELLE Jean-François, «Exvie : Un système expert pour l'évaluation des risques en assurance-vie», Mémoire de fin d'étude de MBA Spécialisé en Systèmes d'Information de la Faculté des Sciences de l'Administration, soutenu le 15-06-86, Université LAVAL, CANADA.

Direction à 100 %

La recherche de cet étudiant est aussi rattachée au projet EXVIE. La participation de l'étudiant concernait plus précisément la phase de développement du système prototype réalisé avec le système Snark de J.L.Laurière.

IV. - ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

1. ENSEIGNEMENTS RELEVANT DU DEUXIEME CYCLE

1.1. IUP MIAGE (F.E.A.- Université d'Aix-Marseille III)

Maître de Conférences à la F.E.A. de l'Université d'Aix-Marseille III en poste à la MIAGE (Universités Aix-Marseille II et III), nous avons eu à créer et assurer dans le cadre du programme de MIAGE, les cours suivants :

Cours Bases de Données I (30 heures, 1^oannée de maîtrise MIAGE) :

Après avoir présenté différents types d'organisations et d'exploitations de fichiers sont introduits : le concept de base de données - les différents niveaux de description associés - les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) - le modèle entité-relation. On présente ensuite le modèle Relationnel de CODD. On insiste sur : la conception de la structure de la base de données relationnelle - théorie de la normalisation - passage du modèle entité-relation au modèle relationnel - estimation des volumes d'une base relationnelle - langages de manipulation de données (algèbre relationnelle: SQL, calcul relationnel: QUEL) - Projet avec SQL/DS disponible sur le CNUSC (Centre National Universitaire Sud de Calcul).

Cours Bases de Données II (30 heures, 2^oannée de maîtrise MIAGE) :

Ce cours se veut complémentaire du cours Bases de données I dispensé en première année. Ces compléments portent tout d'abord sur les bases de données et SGBD de type réseaux (CODASYL) et hiérarchiques (non traités en première année) : structures de stockage, langage navigationnels, optimisation. Ensuite sont présentés des compléments concernant les SGBD et bases de données relationnels : différents aspects liés à l'exploitation de bases de données sont abordés, comme les mises à jour et l'intégrité des données, le contrôle des accès concurrents, la sécurité dans les bases de données, les langages de quatrième génération, l'optimisation d'une base de données relationnelle (optimisation physique, optimisation logique, dénormalisation,...). Les nouvelles tendances de SGBD seront introduites : bases de données objets, déductives (langages de règles), réparties et multimédia. Les fonctions d'administrateur de bases de données et d'administrateur de données sont aussi abordées.

Cours Intelligence Artificielle (30 heures, 2^oannée de maîtrise MIAGE) :

L'objectif poursuivi par ce cours est de permettre à l'étudiant(e) une réflexion articulée sur les principaux concepts, notions et outils relevant de l'intelligence artificielle. Points traités : premières recherches sur les mécanismes de raisonnement inductifs et empiriques - le problème central de la représentation et interprétation des connaissances - rapports entre la logique et la connaissance - systèmes formels - la logique des propositions - logique des prédicats du premier ordre - outils issus principalement de la logique formelle - introduction à la programmation logique PROLOG - les réseaux sémantiques - les schémas et objets - systèmes à règles de productions (cycle d'interprétation) - présentation détaillée du système SNARK développé par J.L.Laurière à PARIS VI - présentations de quelques environnements de développement de systèmes experts - perspectives d'utilisation de l'intelligence artificielle au domaine des systèmes d'information - bases de connaissances - couplage base de données et moteurs d'inférence - systèmes d'aide à la décision - aspects méthodologiques liés à la conception de systèmes experts, génie cognitif - projet avec SNARK disponible sur le CNUSC.

Cours d'introduction au Génie Logiciel (21 heures, 2^o année MIAGE de 1988 à 1990):

Ce cours a pour objet de sensibiliser l'étudiant(e) au génie logiciel. Dans ce cours, on traite un ensemble de théories, de méthodes, de techniques et d'outils qui contribuent à la production ou la récupération de produits logiciels de qualité, fabriqués de façon industrielle dans différents domaines dont celui des Systèmes d'information. Sont présentés dans ce cours un ensemble de méthodes et de techniques concernant la gestion de projets informatiques, l'estimation des efforts à fournir, la qualité du logiciel, la conception même des logiciels. Le cours se termine sur une introduction au concept d'atelier logiciel.

Cours Conception de Systèmes d'Information (35 heures, 2^o année maîtrise MIAGE):

L'objectif visé par ce cours est d'acquérir les connaissances nécessaires à la maîtrise de la conception d'un système d'information. Une méthode de conception de systèmes d'information, la méthode MERISE est présentée. Points traités: - qu'est-ce qu'un système d'information - typologie des systèmes d'information - historique de l'informatisation des organisations - évolution des méthodes d'analyse en informatique de gestion - Origine et présentation générale de la méthode MERISE - principes fondamentaux de MERISE - une démarche à trois dimensions - les différents modèles - les étapes de la méthode MERISE - problématique de la formalisation des traitements - formalisme MERISE - élaboration d'un MCT - problématique de la formalisation des données - formalisme INDIVIDUEL - élaboration d'un MCD, d'un MOD - élaboration d'un MOT- cohérence/validation; confrontation données-traitements - passage aux niveaux logique et physique - démarche de mise en oeuvre - contenu et résultats des principales étapes de MERISE - moyens de mise en oeuvre - les différents partenaires et leurs rôles - principes de la conduite de projets - outils de l'atelier de conception - présentation d'un AGL de conception Merise - projet.

1.2. Programme MASS (F.E.A.- Université d'Aix-Marseille III)

Cours SIAD et IA (30 heures en maîtrise MASS)

L'objectif poursuivi par ce cours est de permettre à l'étudiant/e une réflexion articulée sur les principaux concepts, notions et outils relatifs aux systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD). Après la présentation d'une typologie des systèmes d'information dans l'organisation, on traitera plus précisément des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision. Ces derniers nous conduiront à introduire les techniques d'intelligence artificielle de représentation et d'interprétation des connaissances mis en oeuvre dans les Systèmes Experts. Des systèmes experts développés dans les domaines de la gestion ou de l'économie seront présentés au travers d'exposés.

1.3. I.U.S.P.I.M. (Faculté des Sciences - Université d'Aix-Marseille III)

Cours d'Ingénierie des Systèmes d'Information (20 heures, 2^o année IUSPIM):

L'objectif visé par ce cours est d'acquérir les connaissances relative à l'ingénierie des systèmes d'information. Une méthode de conception de systèmes d'information, la méthode MERISE est présentée. Points traités: - qu'est-ce qu'un système d'information - typologie des systèmes d'information - historique de l'informatisation des organisations - évolution des méthodes d'analyse en informatique de gestion - Origine et présentation générale de la méthode MERISE - principes fondamentaux de MERISE - une démarche à trois dimensions - les différents modèles - les étapes de la méthode MERISE - problématique de la formalisation des traitements - formalisme MERISE - élaboration d'un MCT - problématique de la formalisation des données - formalisme INDIVIDUEL - élaboration d'un MCD, d'un MOD - élaboration d'un MOT.

2. ENSEIGNEMENTS RELEVANT DU TROISIEME CYCLE

2.1. DEA du GRASCE / FEA- Université d'Aix-Marseille III (1988-1992)

Séminaire dans le cadre du DEA du GRASCE (DEA en Ingénierie des Systèmes Économiques) sur l'État de l'Art en Systèmes interactifs d'aide à la décision et intelligence artificielle (15 heures).

Encadrement d'une thèse de troisième cycle (codirection à 30% avec J.L.Le Moigne) .

Encadrement de plusieurs DEA (direction à 100%).

2.2. DEA-XIAO - IUSPIM-Université d'Aix-Marseille III (1994)

Séminaire sur l'État de l'Art en Ingénierie des Systèmes d'Information : Aspects méthodologiques (9 heures).

Encadrement de 2 thèses d'Université (codirection à 50% avec E.Chouraqui).

Encadrement de 3 DEA (direction à 100%).

2.3. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (1993 et 1994)

Cours d'ingénierie des systèmes d'information à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, dans le cadre d'un cycle de formation postgrade (32 heures).

2.4. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris (1993 et 1994)

Cours d'ingénierie des systèmes d'information à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunication, dans le cadre d'un programme de Mastère Spécialisé en EDI (30 heures).

2.5. Ecole des Mines d'Alès (1989 à 1994)

Séminaires réalisés dans le cadre d'un programme de Mastère Spécialisé en Ingénierie des Systèmes d'Information et en EDI :

- Systèmes experts, systèmes à bases de connaissances (30 heures, en collaboration avec E.Chouraqui (Université d'Aix-Marseille III - DIAM), M.Bergman (Université d'Aix-Marseille II - GIA), ...);
- SGBD et Bases de données Relationnels; de la conception à l'optimisation (30 heures);
- Ingénierie des Systèmes d'information (30 heures);
- Introduction aux modèles connexionnistes (18 heures, en collaboration avec P.Bourgine (CEMAGREF)).

Encadrement de plusieurs thèses professionnelles (direction à 100%).

2.6. Ecole Normale Supérieure de Cachan (1992 et 1993)

Cours de conception de systèmes d'information à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, en année d'agrégation (18 heures).

2.7. IFURTA (1992)

Séminaire d'introduction aux systèmes d'information dans le cadre d'un séminaire sur les systèmes d'information dans les compagnies aériennes, IFURTA (Institut de Formation et de recherche Universitaire sur les Transports Aériens, Université Aix-Marseille III.

2.8. Université d'Annaba (1990)

Séminaire de systémique appliquée aux systèmes d'information aux enseignants de l'Université d'Annaba, Algérie (30 heures).

3. ENSEIGNEMENTS A L'UNIVERSITE LAVAL, CANADA (1983-1986)

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université Laval j'ai eu à créer et assurer les cours suivants au niveau baccalauréat et maîtrise en administration (M.B.A.) option systèmes d'information:

Cours de méthodologie de conception de SI (30 heures):

Concepts de niveau de conception, de cycle de développement et de cycle de décision liés au processus de développement de systèmes d'information - la modélisation conceptuelle des données - l'Analyse structurée de Gane & Sarson (les diagrammes de flux de données).

Cours de structures et gestion des données (30 heures):

Modélisation conceptuelle, définition et optimisation logique de la base de données et implantation physique dans un système de gestion de bases de données particulier - le modèle Relationnel et le modèle Réseaux - présentation de plusieurs SGBD, critères de choix et d'évaluation - différents aspects liés à l'exploitation et l'administration de bases de données: sécurité, intégrité, partage -

Cours Introduction au génie logiciel (30 heures):

Préparer les étudiants à comprendre les possibilités qu'offrira l'environnement technique qu'ils auront directement ou indirectement à utiliser dans leur vie professionnelle - ensemble de théories, de méthodes, de techniques et d'outils qui contribuent à la production ou la récupération de logiciels (conception structurée, atelier logiciels, projets informatique; modèles d'estimation et qualité,...) -

Cours d'introduction aux systèmes d'information organisationnels (30 heures):

Introduction à la notion de système d'information, présentation des aspects organisationnels et techniques ainsi que des méthodologies et processus de développement .

Encadrement de plusieurs mémoires de fin de M.B.A. (direction à 100%).

V. - RESPONSABILITES COLLECTIVES

1. GESTION DE CONTRATS DE RECHERCHE

1.1. Projet Optimisation Teradata (1991)

Projet avec La Poste sur l'optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la machine base de données TERADATA DBC/1012. Projet mené avec l'Institut Systémia d'un montant de 180 KF.

Ce projet nous a permis de maîtriser l'usage d'une machine base de données, la machine Teradata DBC/1012, de mieux définir la problématique de l'optimisation d'applications l'exploitant, de définir différentes techniques d'optimisation, de proposer une démarche pour les mettre en oeuvre et enfin de préciser les spécifications fonctionnelles d'un système expert d'aide à cette optimisation.

Responsabilité : responsable scientifique et chef de projet.

Equipe : composée d'un étudiant de Mastère de l'Ecole des Mines d'Alès - Institut Systémia (Thèse professionnelle).

Publications : un rapport confidentiel.

1.2. Projet BRITE/EURAM 4390 (1991-1994)

Projet Européen BRITE/EURAM 4390, «Integrated System of Flexible Prefabrication for Personalized Architectonic Facade". Partenaires : Armines (Ecole des Mines d'Alès, l'Institut Systémia, le groupe GTM (partenaire leader), Robotasca (Bilbao-Espagne) et le groupe ITIN (Milan-Italie). Le coût total du projet est de 2,5 millions d'écus financés à 50% par la CEE. Le montant de la participation de l'Institut Systémia est de 1,281 MF sur lequel la CEE finance 50%.

Ce projet sur trois ans à pour objet la conception et la réalisation d'une usine flexible de fabrication de façades architectoniques. Notre responsabilité concerne la participation de l'Institut Systémia portant sur la conception et le développement d'une banque des savoir-faire et du système d'information permettant le pilotage de cette future unité de fabrication.

Responsabilité : participation au montage du projet, chef de projet pour la partie informatique.

Equipe : composée d'un ingénieur-chercheur et de deux étudiants du Mastère de l'Ecole des Mines d'Alès - Institut Systémia (Thèses professionnelles).

Publications : plusieurs rapports pour l'UE, devrait donner lieu à une publication courant 95, le projet terminé.

1.3. Projet DEMETER (1992-1993)

Projet de recherche et développement mené avec l'Institut Systémia pour l'association Demeter et cofinancée par l'AGEFIPH et la DRFP. Le budget du projet est de 650 KF environs.

Ce projet consiste à concevoir et développer le prototype d'un système d'aide à l'évaluation et l'orientation professionnel des handicapés. Ce projet relève des SIAD (Systèmes Interactifs

d'Aide à la Décision) de groupe, le multicritère et l'IAD (Intelligence Artificielle Distribuée). Notre responsabilité à porté sur le montage, le suivi du projet et l'encadrement d'une équipe.

Responsabilité : responsable scientifique et chef de projet.

Equipe : composée d'un ingénieur-chercheur et de deux étudiants de Mastère de l'Ecole des Mines d'Alès - Institut Systèmia (Thèses professionnelles).

Publications : deux communications dans des colloques internationaux et une publication dans une revue à comité de lecture.

1.4. Projet MERISE+ (1993-1994)

Projet subventionné par le Ministère de l'Industrie dans le cadre du programme "Informatique 92". Cette recherche sur 18 mois associe le GRASCE-Université Aix-Marseille III, l'Institut Systèmia (partenaire coordinateur) et les sociétés Ingénia et Cecima. Le budget total du projet est de 1,3 MF (taux de subvention de 35%).

Ce projet porte sur le rapprochement des méthodes Merise et Hood (Méthode orientée objet de génie logiciel, développé par l'ESA pour le développement de gros logiciels scientifiques et techniques en ADA). Plus précisément il s'agit d'un couplage de Hood à Merise pour les niveaux d'abstraction logique et physique. Ce projet doit déboucher sur la réalisation d'un atelier de génie logiciel spécifique.

Responsabilité : participation au montage du projet, coordinateur du projet.

Equipe : composée d'un étudiant de Mastère de l'Ecole des Mines d'Alès - Institut Systèmia (Thèse professionnelle).

Publications : trois rapports pour le ministère, une communication dans un colloque et une publication dans une revue à comité de lecture. Une seconde publication est prévue courant 95, le projet terminé.

2. ADMINISTRATION A L'IUP-MIAGE (UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE III)

Membre de l'équipe permanente de l'IUP-MIAGE de l'Université d'Aix-Marseille III depuis notre nomination (en 1987), nous assurons la responsabilité pédagogique d'une année particulière de la formation. Tout d'abord la seconde année du cursus de maîtrise Miage et maintenant de la première année du cursus IUP-Miage. Nous participons à ce titre, aux tâches administratives suivantes :

- définition et suivi de l'emploi du temps;
- coordination les enseignements (près de 900 heures équivalent TD et une vingtaine d'enseignants);
- participation à la sélection des candidats (promotion de 30 étudiants retenus pour près de 200 candidatures);
- encadrement des étudiants à différents niveaux (stage, recherche et soutenance, projets,...);
- régler différents problèmes liés au matériel informatique nécessaire aux enseignements.

A la demande de Monsieur Capella, Président de l'Université Aix-Marseille III, nous avons avec Marcel Egéa réalisé une étude sur les besoins informatiques (logiciels et matériels) de l'IUP-Miage.

3. SOLLICITATIONS DIVERSES

Nous avons été convié à participer au jury de thèse de LE PAGE Patrick, «Analyse des relations clients-fournisseurs par une approche multi-agents», Thèse de Docteur de l'Ecole

Nationale Supérieure de l'Aéronautique, soutenue le 3 décembre 93 à Toulouse. *Jury: G.BEL, J.B.CAVALLIER, D.DEJEAN, J.ERSCHLER, V.GIARD, B.ESPINASSE.*

Nous avons été sollicité à participer (novembre 92) aux travaux d'un groupe de réflexion interministeriel dont le CIIBA (Comité Interministériel de l'Information et de la Bureautique dans l'Administration sur le devenir des méthodes MERISE et RACINE. Les résultats de cette réflexion sont rassemblés dans un ouvrage : "Les méthodes de développement informatique : une nécessaire évolution», document édité par GPEM/IC, collection Études, Paris, 1993.

Nous avons été sollicité pour être le responsable académique du mémoire de Pedros De BARROS, étudiant à un programme post-graduate de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Sujet du mémoire : «Un concept utilisateur pour les activités maritimes (OFR) de DANZAS». Mémoire soutenu en décembre 93.

4. COMITES DE PROGRAMME ET D'ORGANISATION

Membre du Comité d'Organisation du Congrès INFORSID 94, qui s'est tenu à Aix-en-Provence du 18 au 20 mai 94 avec le patronage de l' AFCET, l'AFIA et du CNRS.

Membre du Comité de Programme du Congrès AFCET "Merise et les autres : quels systèmes d'information pour un monde qui bouge ?" qui se tiendra au palais des congrès de Versailles du 5 au 7 octobre 94.

5. RELATIONS CONVIVIALES

Membre des associations scientifiques suivantes : AFCET, AFIA, ARC, IEEE, INFORSID, SPECIF.

VI.- LISTE DES PUBLICATIONS

1. ARTICLES PUBLIES DANS DES REVUES SPECIALISEES A COMITE DE LECTURE

- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», à paraître en 95 dans *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès Editeur.
- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Un système interactif d'aide au bilan professionnel : de la synthèse à la collaboration», *Revue des Systèmes de Décision/ Journal of Decision Systems*, Vol. 3, n°1, 1994, Hermès Editeur, p. 7-28.
- [Espinasse 94b] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *Decision Support Systems, the International Journal*, N°12, 1994, p. 277-286.
- [Bernier &al.86] G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, «Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie», *Assurance* (Revue trimestrielle consacrée à l'étude théorique et pratique de l'assurance au Canada), ISSN 0004-6027, n°3, octobre 86, p. 451-456.

2. OUVRAGES

Co-auteur d'un ouvrage

- [Nanci &al.92] D.Nanci, B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Heckenroth, *Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième génération*, Editions SYBEX, Paris, juin 92, 685 pages, préface de J.-L.Le Moigne et H.Tardieu, 2^eédition.

Participation à des ouvrages collectifs

- [Espinasse &al.87] B.Espinasse, D.Pascot, «Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach», in *Economics and Artificial Intelligence*, Pergamon Press 1987, édité par J.-L.Le Moigne et J.-L.Ross.
- [Espinasse &al.86] B.Espinasse, R.Mantha, «Bases de données relationnelles et connaissances», in *Bases de données, Le relationnel: mythe et réalité*, Editions Eyrolles 1986, édité par A.Flory et M.Bouzeghoub.

3. COLLOQUES AVEC ACTES (PUBLICATIONS AVEC ISSN OU ISBN)

- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, T.Pauner, «NegociAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support», *International Workshop on the Design of Cooperative Systems*, INRIA, Antibes-Juan-les-Pins, 25-27 janvier, 1995.
- [Espinasse &al.94] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», *INFORSID 94*, AFCET-CNRS, 17-20 mai 94, Aix-en-Provence, pp.189-205.

- [Espinasse &al.93] B.Espinasse, S.Nabitz, «Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up», *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics : Systems Engineering in the Service of Humans*, Le Touquet, France, 17-20 octobre 93, volume I, pp. 453-458.
- [Egée &al.92] M.Egée, B.Espinasse, M.Viguié, «Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture», *CECOIA III, 3ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Tokyo, Japan, 31 août - 4 sept. 92, publication JASMIN/IFORS 92, pp. 415-418.
- [Bergman &al.91] M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, «Merise et l'EDI: contribution à une méthode de conception de systèmes d'information d'échange communautaire», *Autour et à l'entour de MERISE; les méthodes de conception en perspective*, 17-19 avril 1991, Sophia Antipolis, AFCET - GID - CERAM, publication AFCET 91, pp. 375-392.
- [Espinasse &al.90] B.Espinasse, «Cognition de la décision : intérêts et limites de l'intelligence artificielle», *CECOIA II, 2ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Paris, France, 2-6 juillet 90, publication AFCET 90, pp. 61-72.
- [Bourgine &al.87] P.Bourgine, B.Espinasse, «Aide à la décision, une approche constructiviste», Colloque sur le développement des sciences et pratiques de l'organisation, *L'Aide à la Décision dans l'Organisation*, Paris, 10-11-12 mars 1987, publication AFCET 87.

4. COLLOQUES AVEC ACTES (PUBLICATIONS SANS ISSN OU ISBN)

- [Espinasse 93] B.Espinasse, «Co-operative Work Support Systems for Professional Check-up», *AIEM 3, 3ème Conférence Internationale en Intelligence Artificielle en Economie et Management*, Portland, Oregon, USA, 25-27 août 93.
- [Espinasse 91] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *DSS - IFORS - SPCI*, Bruges, march 26-29, 1991.
- [Espinasse 87] B.Espinasse, «Systèmes d'information organisationnels et intelligence artificielle: quelques perspectives», *Ateliers du CRIT, Bureautique et intelligence artificielle*, le 29 avril à Montréal, publication du CRIT, 1987, p. 57-78.
- [Heckenroth &al.80] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Niveau de modèles, formalismes et outils pour la dynamique dans les systèmes d'information», *INFORSID 80*, 7 janvier 1980, Egulles, France, publication A.F.C.E.T.
- [Tardieu &al.79] H.Tardieu, B.Espinasse, «Conception des systèmes d'information: comparaison de trois méthodes», *Journée d'étude A.F.C.E.T., Comparaison de méthodes de conception de systèmes d'information*, 29 mars 1979, Paris, publication A.F.C.E.T.

5. THESE

- [Espinasse 81] B.Espinasse, «Autonomie et intelligence organisationnelle, éléments théoriques et applications à la conception de systèmes d'information intelligents», Thèse de Doctorat 3e Cycle en systèmes d'information, Université Aix-Marseille III, juillet 1981. Thèse effectuée en tant qu'allocataire de recherche C.N.R.S. affecté au GRASCE(URA CNRS N°935).

Président du jury : Professeur Jean-Louis LE MOIGNE

Membres du jury: Professeurs Claude JAMEUX (Université de Savoie), Jean-Louis MALOIN (Doyen de la Faculté des Sciences de l'Administration, Université Laval, Canada), Bertrand MUNIER (Directeur du GRASCE, Université Aix-Marseille III), Hubert TARDIEU (Directeur Recherche et Développement de la SEMA), Raymond TREMOLIERES (IAE, Université Aix-Marseille III).

Mention très honorable avec félicitations du jury.

6. NOTES INTERNES

- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Systèmes d'aide à la négociation : une approche multicritère distribuée», Note de recherche N°x, DIAM-...., 1994.
- [Espinasse &al.94b] B.Espinasse, T.Pauner, «NegociAD : un système multicritères et multi-agents pour la négociation», Note de recherche N°x, DIAM-...., 1994.
- [Espinasse 92a] B.Espinasse, «Des systèmes d'information opérationnels aux systèmes d'information stratégiques et communautaires», Note de recherche, août 92.
- [Espinasse &al.92b] B.Espinasse, D.Nanci, «Entity Relationship Formalism Extensions: Generalization, Specialization and Semantic Constraints Specification», Note de recherche n°92-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 92.
- [Granier &al.89] J.Granier, B.Espinasse, «SNARX, Un langage symbolique de représentation et d'interprétation des connaissances: présentation et illustration», Note de recherche n°89-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 89.
- [Espinasse &al.86a] B.Espinasse, D.Pascot, «Les systèmes Interactifs d'aide à la décision : pour une démarche orientée connaissance», Note de recherche n°86-06, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse &al.86b] B.Espinasse, D.Lafrance. Une application de l'intelligence artificielle en administration : systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie. Rapport de recherche n°86-104, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse 86c] B.Espinasse, «Intelligence artificielle et connaissances», Document spécial n°86-108, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., juin 1986.
- [Espinasse &al.85] B.Espinasse, M.Beauséjour, «Présentation du système général SNARK», Document spécial n°86-102, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, Canada, novembre 1985.

7. DOCUMENTS PEDAGOGIQUES

- [Espinasse 92] B.Espinasse, «Apprentissage de réseaux neuromimétiques multicouches par rétropropagation du gradient», Document support d'un cours de Mastère Spécialisé en systèmes d'information et intelligence artificielle de l'École des Mines d'Alès, 35 pages.

- [Espinasse 91] B.Espinasse, «Représentation et interprétation des connaissances», Document support d'un cours d'intelligence artificielle en Maîtrise MIAGE 2° année (Université Aix-Marseille II et III), 41 pages.
- [Espinasse 90] B.Espinasse, «Eléments de logique formelle pour l'Intelligence Artificielle», Document support d'un cours de Mastère Spécialisé en systèmes d'information et intelligence artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès, et en Maîtrise MIAGE 2° année (Université Aix-Marseille II et III), 42 pages.

8. RAPPORTS DE CONTRAT

- [Espinasse &al.92a] B.Espinasse, M.Nguer, «Optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la Machine Base de Données Teradata DBC/1012», Rapport interne de fin de recherche, Institut Systémia/La Poste, janvier 92.
- [Espinasse 92b] B.Espinasse, «Spécifications d'un outil d'aide à l'optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la Machine Base de Données Teradata DBC/1012», Rapport interne de fin de recherche, Institut Systémia/La Poste, avril 92.
- [Espinasse &al.91/94] B.Espinasse, F.Kohdja, Différents rapports internes dans le cadre d'un projet Européen du programme BRITE/EURAM 4390 . Ce projet a débuté en décembre 91 et se terminera en decembre 94. Il a pour objet la conception et la réalisation d'une usine flexible de fabrication de façades architectoniques. Rapports relatifs à la partie informatique :
- conception et la réalisation d'une banque des savoir-faire;
 - conception et réalisation du système d'information (étude de prix, planification prévisionnelle, planning d'exécution et suivi de fabrication), permettant le pilotage de cette future unité de fabrication.
- [Espinasse &al.92-93] B.Espinasse, F.Kohdja, S.Nabitz, Différents rapports internes dans le cadre du projet DEMETER développé pour l'association Demeter et cofinancée par l'AGEFIPH et la DRFP. Rapports relatifs :
- à la conception et la réalisation d'un système d'information supporté par une architecture client/serveur;
 - à la concevoir et au développement d'un prototype de système d'aide à l'évaluation et l'orientation professionnel des handicapés. Ce prototype relève des SIAD (Système Interactifs d'Aide à la Décision) de groupe, du multicritère et de l'IAD (Intelligence Artificielle Distribuée).
- [Espinasse &al.93-94] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, Rapports de fin de lot 1 : «Etude» et de fin de lot 2 : «Définition de Merise+», dans le cadre du projet MERISE+ sur le rapprochement des méthodes MERISE et HOOD (conception orientée objets), projet subventionné par le Ministère de l'Industrie dans le cadre du programme "Informatique 92", 1993-1994.
- [Heckenroth &al.81] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Modèles et outils pour la conception de la cinématique dans un système d'informations», Rapport de Recherche INRIA no 310, GRASCE/CNRS (Université Aix-Marseille III) - C.E.T.E. Méditerranée, janvier 1981.

RESUME

Les travaux de recherche présentés, développés depuis une quinzaine d'années, s'articulent autour de deux grands axes, d'une part "l'Ingénierie (conception et réalisation) de Systèmes d'Information (SI)" et d'autre part l'"Ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD)", pour se fusionner en un seul axe de recherche futur, l'"Ingénierie des SI Distribués et Coopératifs".

Les travaux menés de 1979 à 1990 sur l'axe "Ingénierie des Systèmes d'Information" concernent principalement les méthodes de conception. Nous avons ainsi contribué à l'élaboration de la méthode Merise, plus particulièrement sur la modélisation de la dynamique. Dans la problématique de la mise en oeuvre de l'EDI (Échange de Données Informatisé) dans les entreprises, nous avons introduit le concept de Système d'Information d'Échange Communautaire (SIEC) et proposé des éléments méthodologiques permettant d'appréhender la conception de ces systèmes. Nous contribuons ensuite à faire évoluer la méthode Merise en proposant tout d'abord des extensions rendues nécessaires par l'accroissement de complexité des SI à concevoir et l'évolution des fonctionnalités des outils permettant de les supporter, puis son évolution plus profonde vers une approche objet (Merise+).

Les travaux de recherche que nous avons menés de 1979 à 1990 sur l'axe "Ingénierie des SIAD" nous ont conduit tout d'abord à préciser un certain nombre de faiblesses et limites des SIAD traditionnels et à nous intéresser à l'Ingénierie des SIAD orientés connaissance. Notre recherche nous a ainsi conduit à développer, dans le domaine de l'assurance-vie, un prototype de système expert: Exvie. En nous inspirant des travaux de J.Piaget, nous avons proposé des éléments pour un nouveau paradigme de la décision et un modèle de la décision plus cognitif, abordant les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissances permettant de mieux supporter le développement de ces SIAD orientés connaissances. Dans le cadre de ce modèle, nous avons tenté d'estimer la possible contribution à la simulation de ces processus cognitifs, de deux grands types de simulations cognitives sur ordinateur, l'IA et le connexionnisme, et leur coopération. Nous nous sommes ensuite intéressé à l'IA Distribuée (IAD) et aux Systèmes Multi-Agents (SMA) et sommes passé de l'aide à la décision individuelle à l'aide à la décision de groupe conduisant au développement de GNDSS (Group Negotiation and Decision Support Systems), ceci selon une approche SMA.

La problématique générale de nos recherches futures porte sur la définition d'une Ingénierie de SI Distribués et Coopératifs que l'on peut qualifier de SI "Intelligents" dans la mesure où ils permettent à des organisations socio-économiques ou socio-techniques de développer de façon plus efficace des comportements leur permettant de mieux s'adapter aux sollicitations de leur environnement. Le développement de tels nouveaux SI nécessite la définition de nouveaux principes de conception permettant d'appréhender d'une part la nature distribuée et coordinatrice de la résolution de problèmes par un groupe d'individus et/ou d'unités logicielles et d'autre part le développement de processus organisationnels d'adaptation (flexibilité) et d'apprentissage pouvant conduire à l'émergence d'une certaine "intelligence organisationnelle". Conçus selon ces nouveaux principes, en cours de définition, de tels SI doivent être fondamentalement distribués et coopératifs et intégrer, de façon explicite, de plus en plus de connaissances (savoir et savoir-faire). Pour la modélisation de ces SI distribués et coopératifs, les SMA constituent un cadre conceptuel adapté.

MOTS-CLES : Conception de Systèmes d'Information, Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, Intelligence Artificielle, Systèmes Multi-Agents.

**Université de Droit, d'Economie et des Sciences
d'Aix-Marseille
Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme**

DOSSIER DE PUBLICATIONS

présenté par

Bernard ESPINASSE

Pour obtenir une

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

**CONTRIBUTION A
L'INGENIERIE DES SYSTEMES D'INFORMATION
INTELLIGENTS, DISTRIBUES ET COOPERATIFS**

Soutenance le 29 mai 1995

Devant la Commission d'Examen :

M. Jean-Claude BERTRAND

M. Eugène CHOURAQUI

M. Jacques KOULOUMDJIAN

M. Daniel PASCOT

M. Jean-Charles POMEROL

M. Madan SINGH

Rapporteur

Rapporteur

Rapporteur

Table des matières

1.- PRELIMINAIRE	1
2.- LISTE COMPLETE DES PUBLICATIONS	6
2.1. Articles publiés dans des revues spécialisées à comité de lecture.....	7
2.2. Ouvrages	7
2.3. Colloques avec actes (Publications avec ISSN ou ISBN)	7
2.4. Colloques avec actes (Publications sans ISSN ou ISBN)	8
2.5. Thèse	8
2.6. Notes internes	9
2.7. Documents pédagogiques	9
2.8. Rapports de contrat	10
3.- PUBLICATIONS LES PLUS SIGNIFICATIVES	11
3.1. Articles publiés dans des revues spécialisées à comité de lecture.....	12
B.Espinasse, M.Laï, D.Nanci, Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD.	13
B.Espinasse, Un système interactif d'aide au bilan professionnel : de la synthèse à la collaboration.	14
B.Espinasse, A Cognitivist Model for Decision Support: COGITA Project, a Problem Formulation Assistant.	15
G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie.....	16
3.2. Ouvrage.....	17
D.Nanci et B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Hechenroth, Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième génération	17
3.3. Participation à des ouvrages collectifs	18
B.Espinasse, D.Pascot, Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach.....	19
B.Espinasse, R.Mantha, Bases de données relationnelles et connaissances.	20
3.4. Colloques avec actes (documents publiés avec ISSN ou ISBN)	21
B.Espinasse, T.Pauner, NegociAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support,	22
B.Espinasse, S.Nabitz, Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up.....	23
M.Egéa, B.Espinasse, M.Viguier, Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture.	24
M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, Merise et l'EDI: contribution à une méthode de conception de systèmes d'information d'échange communautaire.	25

B.Espinasse, Cognition de la décision : intérêts et limites de l'intelligence artificielle"26

1.- PRELIMINAIRE

Préliminaire

Les travaux de recherche que nous avons développés depuis une quinzaine d'années, s'articulent autour de deux grands axes, d'une part "l'Ingénierie (la conception et la réalisation) de Systèmes d'Information (SI)" et d'autre part l'"Ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD)", pour se fusionner en un seul axe de recherche futur, l'"Ingénierie des SI Distribués et Coopératifs".

Dans ce document nous rappelons la liste complète des publications auxquelles ces travaux nous ont conduit. Ensuite, nous présentons quelques publications qui nous ont semblées les plus significatives.

Mais avant tout, nous allons brièvement situer l'ensemble de nos publications dans notre trajectoire de recherche. Les références en caractères gras seront associées aux publications que nous avons jugé les plus significatives et qui seront présentées dans la partie 3.

Ingénierie de Systèmes d'Information

Les travaux menés de 1979 à 1990 sur l'axe "Ingénierie des systèmes d'information" concernent principalement les méthodes de conception. Nous avons ainsi contribué à l'élaboration de la méthode Merise, plus particulièrement sur la modélisation de la dynamique. Les publications relatives à ces travaux sont les suivantes :

- [Espinasse &al.86]** B.Espinasse, R.Mantha, «Bases de données relationnelles et connaissances», in *Bases de données, Le relationnel: mythe et réalité*, Editions Eyrolles 1986, édité par A.Flory et M.Bouzeghoub.
- [Heckenroth &al.81] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Modèles et outils pour la conception de la cinématique dans un système d'informations», Rapport de Recherche INRIA no 310, GRASCE/CNRS (Université Aix-Marseille III) - C.E.T.E. Méditerranée, janvier 1981.
- [Espinasse 81] B.Espinasse, «Autonomie et intelligence organisationnelle, éléments théoriques et applications à la conception de systèmes d'information intelligents», Thèse de Doctorat 3e Cycle en systèmes d'information, Université Aix-Marseille III, juillet 1981. Thèse effectuée en tant qu'allocataire de recherche C.N.R.S. affecté au GRASCE(URA CNRS N°935).
- [Heckenroth &al.80] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Niveau de modèles, formalismes et outils pour la dynamique dans les systèmes d'information», *INFORSID 80*, 7 janvier 1980, Eguilles, France, publication A.F.C.E.T.
- [Tardieu &al.79] H.Tardieu, B.Espinasse, «Conception des systèmes d'information: comparaison de trois méthodes», *Journée d'étude A.F.C.E.T., Comparaison de méthodes de conception de systèmes d'information, 29 mars 1979*, Paris, publication A.F.C.E.T.

Dans la problématique de la mise en oeuvre de l'EDI (Échange de Données Informatisé) dans les entreprises, nous avons introduit le concept de Système d'Information d'Échange Communautaire (SIEC) et proposé des éléments méthodologiques permettant d'appréhender la conception de ces systèmes. Les publications relatives à ces travaux sont les suivantes :

- [Bergman &al.91]** M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, «Merise et l'EDI: contribution à une méthode de conception de systèmes d'information d'échange communautaire», *Autour et à l'entour de MERISE; les méthodes de conception en perspective*, 17-19 avril 1991, Sophia Antipolis, AFCET - GID - CÉRAM, publication AFCET 91, pp. 375-392.

A partir de 1990, nos travaux sont principalement liés à la complexification croissante des SI de l'entreprise et à l'incorporation dans ces systèmes de plus en plus de connaissances ou savoir-faire de l'entreprise. Nous avons ainsi contribué à faire évoluer la méthode Merise en proposant des extensions rendues nécessaires par l'accroissement de complexité des SI à concevoir et l'évolution des fonctionnalités des outils permettant de les supporter (SGBD, langages de 4^e génération, architecture client-serveur,...). Ces extensions, diffusées au travers d'un ouvrage, consistent en un aménagement des outils de modélisation notamment les niveaux d'abstraction, les modèles (modélisation organisationnelle des données,...) et les formalismes associés, plus particulièrement le formalisme Entité-Relation (types/sous-types, contraintes d'intégrité sémantiques,...). Publications associées :

- [Nanci & al.92] D.Nanci, B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Heckenroth, *Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième génération*, Editions SYBEX, Paris, juin 92, 685 pages, préface de J.-L.Le Moigne et H.Tardieu, 2^e édition.
- [Espinasse & al.92b] B.Espinasse, D.Nanci, «Entity Relationship Formalism Extensions: Generalization, Specialization and Semantic Constraints Specification», Note de recherche n°92-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 92.

Ensuite nous avons contribué à une évolution plus profonde de la méthode Merise vers une approche objet par un apport de la méthode Hood. Nous avons ainsi proposé un cadre méthodologique, Merise+, s'articulant autour de trois modèles (de classes, de modules et dynamiques) permettant d'aborder la conception du SII (Système d'Information Informatisé - niveaux logique et physique). La pratique de ces nouveaux modèles devrait nous conduire à proposer une démarche spécifique à Merise+ et vraisemblablement nous amener à remettre en cause les modèles proposés par Merise pour la conception du SIO (Système d'Information Organisationnel - niveaux conceptuel et organisationnel), en les faisant évoluer aussi vers l'objet. Publications associées :

- [Espinasse & al.95] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», à paraître en mai 95, n°2-3, dans la revue *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès Editeur.
- [Espinasse & al.94] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», *INFORSID 94*, AFCET-CNRS, 17-20 mai 94, Aix-en-Provence, pp.189-205.

Ingénierie des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision

Les travaux de recherche que nous avons menés de 1979 à 1990 sur l'axe "Ingénierie des SIAD" nous ont conduit tout d'abord à préciser un certain nombre de faiblesses et limites des SIAD traditionnels et à nous intéresser à l'Ingénierie des SIAD orientés connaissance. Notre recherche nous a ainsi conduit à développer, dans le domaine de l'assurance-vie, un prototype de système expert: Exvie. Publications associées :

- [Bernier & al.86] G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, «Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie», *Assurance* (Revue trimestrielle consacrée à l'étude théorique et pratique de l'assurance au Canada), ISSN 0004-6027, n°3, octobre 86, p. 451-456.
- [Espinasse & al.87] B.Espinasse, D.Pascot, «Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach», in *Economics and Artificial Intelligence*, Pergamon Press 1987, édité par J.-L.Le Moigne et J.-L.Ross.

- [Granier &al.89] J.Granier, B.Espinasse, «SNARX, Un langage symbolique de représentation et d'interprétation des connaissances: présentation et illustration», Note de recherche n°89-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 89.
- [Espinasse &al.86a] B.Espinasse, D.Pascot, «Les systèmes Interactifs d'aide à la décision : pour une démarche orientée connaissance», Note de recherche n°86-06, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse &al.86b] B.Espinasse, D.Lafrance. Une application de l'intelligence artificielle en administration : systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie. Rapport de recherche n°86-104, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse &al.85] B.Espinasse, M.Beauséjour, «Présentation du système général SNARK», Document spécial n°86-102, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, Canada, novembre 1985.

En nous inspirant des travaux de J.Piaget, nous avons proposé des éléments pour un nouveau paradigme de la décision et un modèle de la décision plus cognitif, abordant les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissances permettant de mieux supporter le développement de ces SIAD orientés connaissances. Dans le cadre de ce modèle, nous avons tenté d'estimer la possible contribution à la simulation de ces processus cognitifs, de deux grands types de simulations cognitives sur ordinateur, l'IA et le connexionnisme, et leur coopération. Publications associées :

- [Espinasse 94b] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *Decision Support Systems, the International Journal*, N°12, 1994, p. 277-286.
- [Espinasse &al.90] B.Espinasse, «Cognition de la décision : intérêts et limites de l'intelligence artificielle», *CECOIA II, 2ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Paris, France, 2-6 juillet 90, publication AFCET 90, pp. 61-72.
- [Espinasse 91] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *DSS - IFORS - SPCI*, Bruges, march 26-29, 1991.
- [Bourguine &al.87] P.Bourguine, B.Espinasse, «Aide à la décision, une approche constructiviste», Colloque sur le développement des sciences et pratiques de l'organisation, *L'Aide à la Décision dans l'Organisation*, Paris, 10-11-12 mars 1987, publication AFCET 87.

Nous nous sommes ensuite intéressé à l'IA Distribuée (IAD) et aux Systèmes Multi-Agents (SMA) et sommes passé de l'aide à la décision individuelle à l'aide à la décision de groupe conduisant au développement de GNDSS (Group Negotiation and Decision Support Systems), ceci selon une approche SMA. Publications associées :

- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, T.Pauner, «NegocIAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support», *International Workshop on the Design of Cooperative Systems*, INRIA, Antibes-Juan-les-Pins, 25-27 janvier, 1995.
- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Un système interactif d'aide au bilan professionnel : de la synthèse à la collaboration», *Revue des Systèmes de Décision/ Journal of Decision Systems*, Vol. 3, n°1, 1994, Hermès Editeur, p. 7-28.
- [Espinasse &al.93] B.Espinasse, S.Nabitz, «Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up»,

IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics : Systems Engineering in the Service of Humans, Le Touquet, France, 17-20 octobre 93, volume I, pp. 453-458.

[Egéa &al.92]

M.Egéa, B.Espinasse, M.Viguié, «Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture», *CECOIA III, 3ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Tokyo, Japan, 31 août - 4 sept. 92, publication JASMIN/IFORS 92, pp. 415-418.

2.- LISTE COMPLETE DES PUBLICATIONS

Liste complète des publications

2.1. Articles publiés dans des revues spécialisées à comité de lecture

- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», à paraître en mai 95, n°2-3, dans la revue *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Hermès Editeur.
- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Un système interactif d'aide au bilan professionnel : de la synthèse à la collaboration», *Revue des Systèmes de Décision/ Journal of Decision Systems*, Vol. 3, n°1, 1994, Hermès Editeur, p. 7-28.
- [Espinasse 94b] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *Decision Support Systems, the International Journal*, N°12, 1994, p. 277-286.
- [Bernier &al.86] G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, «Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie», *Assurance* (Revue trimestrielle consacrée à l'étude théorique et pratique de l'assurance au Canada), ISSN 0004-6027, n°3, octobre 86, p. 451-456.

2.2. Ouvrages

Co-auteur d'un ouvrage

- [Nanci &al.92] D.Nanci, B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Heckenroth, *Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième génération*, Editions SYBEX, Paris, juin 92, 685 pages, préface de J.-L.Le Moigne et H.Tardieu, 2^e édition.

Participation à des ouvrages collectifs

- [Espinasse &al.87] B.Espinasse, D.Pascot, «Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach», in *Economics and Artificial Intelligence*, Pergamon Press 1987, édité par J.-L.Le Moigne et J.-L.Ross.
- [Espinasse &al.86] B.Espinasse, R.Mantha, «Bases de données relationnelles et connaissances», in *Bases de données, Le relationnel: mythe et réalité*, Editions Eyrolles 1986, édité par A.Flory et M.Bouzeghoub.

2.3. Colloques avec actes (Publications avec ISSN ou ISBN)

- [Espinasse &al.95] B.Espinasse, T.Pauner, «NegociAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support», *International Workshop on the Design of Cooperative Systems*, INRIA, Antibes-Juan-les-Pins, 25-27 janvier, 1995.
- [Espinasse &al.94] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, «Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD», *INFORSID 94*, AFCET-CNRS, 17-20 mai 94, Aix-en-Provence, pp.189-205.
- [Espinasse &al.93] B.Espinasse, S.Nabitz, «Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up», *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics : Systems*

- Engineering in the Service of Humans*, Le Touquet, France, 17-20 octobre 93, volume I, pp. 453-458.
- [Eg a &al.92] M.Eg a, B.Espinasse, M.Vigui er, «Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture», *CECOIA III, 3 eme Conf erence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Tokyo, Japan, 31 ao ut - 4 sept. 92, publication JASMIN/IFORS 92, pp. 415-418.
- [Bergman &al.91] M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, «Merise et l'EDI: contribution à une m ethode de conception de syst emes d'information d'échange communautaire», *Autour et à l'entour de MERISE; les m ethodes de conception en perspective*, 17-19 avril 1991, Sophia Antipolis, AFCET - GID - C ERAM, publication AFCET 91, pp. 375-392.
- [Espinasse &al.90] B.Espinasse, «Cognition de la décision : int er ts et limites de l'intelligence artificielle», *CECOIA II, 2 eme Conf erence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Paris, France, 2-6 juillet 90, publication AFCET 90, pp. 61-72.
- [Bourgine &al.87] P.Bourgine, B.Espinasse, «Aide à la décision, une approche constructiviste», Colloque sur le développement des sciences et pratiques de l'organisation, *L'Aide à la Décision dans l'Organisation*, Paris, 10-11-12 mars 1987, publication AFCET 87.

2.4. Colloques avec actes (Publications sans ISSN ou ISBN)

- [Espinasse 93] B.Espinasse, «Co-operative Work Support Systems for Professional Check-up», *AIEM 3, 3 eme Conf erence Internationale en Intelligence Artificielle en Economie et Management*, Portland, Oregon, USA, 25-27 ao ut 93.
- [Espinasse 91] B.Espinasse, «A cognitivist model for decision support : COGITA Project, a problem formulation assistant», *DSS - IFORS - SPCI*, Bruges, march 26-29, 1991.
- [Espinasse 87] B.Espinasse, «Syst emes d'information organisationnels et intelligence artificielle: quelques perspectives», *Ateliers du CRIT, Bureautique et intelligence artificielle*, le 29 avril à Montréal, publication du CRIT, 1987, p. 57-78.
- [Heckenroth &al.80] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Niveau de modèles, formalismes et outils pour la dynamique dans les syst emes d'information», *INFORSID 80*, 7 janvier 1980,  guilles, France, publication A.F.C.E.T.
- [Tardieu &al.79] H.Tardieu, B.Espinasse, «Conception des syst emes d'information: comparaison de trois m ethodes», *Journée d'étude A.F.C.E.T., Comparaison de m ethodes de conception de syst emes d'information*, 29 mars 1979, Paris, publication A.F.C.E.T.

2.5. Th ese

- [Espinasse 81] B.Espinasse, «Autonomie et intelligence organisationnelle,  l ements théoriques et applications à la conception de syst emes d'information intelligents», Th ese de Doctorat 3e Cycle en syst emes d'information, Université Aix-Marseille III, juillet 1981. Th ese effectuée en tant qu'allocataire de recherche C.N.R.S. affecté au GRASCE(URA CNRS N 935).

Directeur de th ese et Président du jury :

Professeur Jean-Louis LE MOIGNE

Membres du jury :

Professeurs Claude JAMEUX (Université de Savoie), Jean-Louis MALOIN (Doyen de la Faculté des Sciences de l'Administration, Université Laval, Canada), Bertrand MUNIER (Directeur du GRASCE, Université Aix-Marseille III), Hubert TARDIEU (Directeur Recherche et Développement de SEMA-Group), Raymond TREMOLIERES (IAE, Université Aix-Marseille III).

Mention très honorable avec félicitations du jury.

2.6. Notes internes

- [Espinasse 94a] B.Espinasse, «Systèmes d'aide à la négociation : une approche multicritère distribuée», Note de recherche N°x, DIAM-....., 1994.
- [Espinasse &al.94b] B.Espinasse, T.Pauner, «NegociAD : un système multicritères et multi-agents pour la négociation», Note de recherche N°x, DIAM-....., 1994.
- [Espinasse 92a] B.Espinasse, «Des systèmes d'information opérationnels aux systèmes d'information stratégiques et communautaires», Note de recherche, août 92.
- [Espinasse &al.92b] B.Espinasse, D.Nanci, «Entity Relationship Formalism Extensions: Generalization, Specialization and Semantic Constraints Specification», Note de recherche n°92-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 92.
- [Granier &al.89] J.Granier, B.Espinasse, «SNARX, Un langage symbolique de représentation et d'interprétation des connaissances: présentation et illustration», Note de recherche n°89-03, GRASCE (URA CNRS N°935), Université Aix-Marseille III, mars 89.
- [Espinasse &al.86a] B.Espinasse, D.Pascot, «Les systèmes Interactifs d'aide à la décision : pour une démarche orientée connaissance», Note de recherche n°86-06, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse &al.86b] B.Espinasse, D.Lafrance. Une application de l'intelligence artificielle en administration : systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie. Rapport de recherche n°86-104, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., février 1986.
- [Espinasse 86c] B.Espinasse, «Intelligence artificielle et connaissances», Document spécial n°86-108, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, CANADA, P.Q., juin 1986.
- [Espinasse &al.85] B.Espinasse, M.Beauséjour, «Présentation du système général SNARK», Document spécial n°86-102, laboratoire de recherche de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université LAVAL, Canada, novembre 1985.

2.7. Documents pédagogiques

- [Espinasse 92] B.Espinasse, «Apprentissage de réseaux neuromimétiques multicouches par rétropropagation du gradient», Document support d'un cours de Mastère Spécialisé en systèmes d'information et intelligence artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès, 35 pages.
- [Espinasse 91] B.Espinasse, «Représentation et interprétation des connaissances», Document support d'un cours d'intelligence artificielle en Maîtrise MIAGE 2° année (Université Aix-Marseille II et III), 41 pages.

[Espinasse 90] B.Espinasse, «Eléments de logique formelle pour l'Intelligence Artificielle», Document support d'un cours de Mastère Spécialisé en systèmes d'information et intelligence artificielle de l'Ecole des Mines d'Alès, et en Maîtrise MIAGE 2° année (Université Aix-Marseille II et III), 42 pages.

2.8. Rapports de contrat

[Espinasse &al.92a] B.Espinasse, M.Nguer, «Optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la Machine Base de Données Teradata DBC/1012», Rapport interne de fin de recherche, Institut Systémia/La Poste, janvier 92.

[Espinasse 92b] B.Espinasse, «Spécifications d'un outil d'aide à l'optimisation d'applications autour de bases de données gérées avec la Machine Base de Données Teradata DBC/1012», Rapport interne de fin de recherche, Institut Systémia/La Poste, avril 92.

[Espinasse &al.91/94] B.Espinasse, F.Kohdja, Différents rapports internes dans le cadre d'un projet Européen du programme BRITE/EURAM 4390 . Ce projet a débuté en décembre 91 et se terminera en decembre 94. Il a pour objet la conception et la réalisation d'une usine flexible de fabrication de façades architectoniques. Rapports relatifs à la partie informatique :

- conception et la réalisation d'une banque des savoir-faire;
- conception et réalisation du système d'information (étude de prix, planification prévisionnelle, planning d'execution et suivi de fabrication), permettant le pilotage de cette future unité de fabrication.

[Espinasse &al.92-93] B.Espinasse, F.Kohdja, S.Nabitz, Différents rapports internes dans le cadre du projet DEMETER développé pour l'association Demeter et cofinancée par l'AGEFIPH et la DRFP. Rapports relatifs :

- à la conception et la réalisation d'un système d'information supporté par une architecture client/serveur;
- à la concevoir et au développement d'un prototype de système d'aide à l'évaluation et l'orientation professionnel des handicapés. Ce prototype relève des SIAD (Système Interactifs d'Aide à la Décision) de groupe, du multicritère et de l'IAD (Intelligence Artificielle Distribuée).

[Espinasse &al.93-94] B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, Rapports de fin de lot 1 : «Etude» et de fin de lot 2 : «Définition de Merise+», dans le cadre du projet MERISE+ sur le rapprochement des méthodes MERISE et HOOD (conception orientée objets), projet subventionné par le Ministère de l'Industrie dans le cadre du programme "Informatique 92", 1993-1994.

[Heckenroth &al.81] H.Heckenroth, H.Tardieu, B.Espinasse, «Modèles et outils pour la conception de la cinématique dans un système d'informations», Rapport de Recherche INRIA no 310, GRASCE/CNRS (Université Aix-Marseille III) - C.E.T.E. Méditerranée, janvier 1981.

3.- PUBLICATIONS LES PLUS SIGNIFICATIVES

3.1. Articles publiés dans des revues spécialisées à comité de lecture

B.Espinasse, M.Lai, D.Nanci, Merise+ : Une extension de la méthode MERISE à l'approche objet par un apport de la méthode HOOD.

1995

Article à paraître en mai 95 dans la *Revue des Systèmes des Systèmes d'Information*, N°2-3, Hermès Editeur.

B.Espinasse, Un système interactif d'aide au bilan professionnel : de la synthèse à la collaboration.

1994

Revue des Systèmes de Décision/ Journal of Decision Systems, Vol. 3, n°1, 1994, Hermès Editeur, p. 7-28.

B.Espinasse, A Cognitivist Model for Decision Support : COGITA Project, a Problem Formulation Assistant.

1993

Revue internationale *Decision Support Systems, the International Journal*, N°12 numéro spécial "IFORS-SPC 1", 1994, p. 277-286.

G.Bernier, B.Espinasse, D.Lafrance, Systèmes experts pour la sélection des risques en assurance-vie.

Octobre 86

Revue *Assurance* (Revue trimestrielle consacrée à l'étude théorique et pratique de l'assurance au Canada), ISSN 0004-6027, n°3, 54^e année, Montréal, octobre 86, p. 451-456.

3.2. Ouvrage

1992

Coauteur d'un ouvrage

**D.Nanci et B.Espinasse avec la collaboration de B.Cohen et H.Hechenroth,
Ingénierie des systèmes d'information avec Merise : vers une deuxième
génération**

2^e édition, Editions SYBEX, Paris, juin 92, 685 pages. Préface de J.L.Le Moigne et H.Tardieu.

Ce livre de synthèse s'adresse aussi bien à des professionnels, concepteurs de systèmes d'information, qu'à des étudiants de second et troisième cycles universitaires, écoles d'ingénieur ou de commerce, désirant mieux maîtriser la méthode MERISE avec ces nouvelles extensions.

3.3. Participation à des ouvrages collectifs

B.Espinasse, D.Pascot, Decision Support Systems, a Knowledge Oriented Approach.

1987

In *Economics and Artificial Intelligence*, Pergamon Press 1987, édité par Jean-Louis Le Moigne et Jean-Louis Ross.

B.Espinasse, R.Mantha, Bases de données relationnelles et connaissances.

1986

In *Bases de données, Le relationnel: mythe et réalité*, Editions Eyrolles 1986, édité par André Flory et Mockrane Bouzeghoub, p.158-166.

3.4. Colloques avec actes (documents publiés avec ISSN ou ISBN)

B.Espinasse, T.Pauner, NegociAD : a multicriteria and multiagent system for negotiation support,

International Workshop on the Design of Cooperative Systems, INRIA, Antibes-Juan-les-Pins, 25-27 janvier, 1995.

Janvier 1995

B.Espinasse, S.Nabitz, Distributed Artificial Intelligence and Decision Support Systems : a Multi-Agents System for Professional Check-up.

Octobre 93

Communication présentée à IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics : Systems Engineering in the Service of Humans, Le Touquet, France, 17-20 octobre 93, volume I, p.453-458.

M.Egéa, B.Espinasse, M.Viguier, Complex Situation Understanding Support : a Multi-Agent Architecture.

Septembre 92

Communication présentée à CECOIA III, *3ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Tokyo, Japan, 31 août - 4 sept. 92, publication JASMIN/IFORS 92, p. 415-418.

M.Bergman, A.Cucchi, B.Espinasse, F.Lorenzo, Merise et l'EDI: contribution à une méthode de conception de systèmes d'information d'échange communautaire.

Avril 91

Communication présentée au congrès *Autour et à l'entour de MERISE; les méthodes de conception en perspective*, 17-19 avril 1991, Sophia Antipolis, AFCET - GID - CERAM, publication AFCET 91, p.375-392.

B.Espinasse, Cognition de la décision : intérêts et limites de l'intelligence artificielle"

Juillet 90

Communication présentée au colloque CECOIA II, *2 ème Conférence Internationale Economie et Intelligence Artificielle*, Paris, France, 2-6 juillet 90, publication AFCET 90, p. 61-72.