

THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat en Science

Spécialité: Informatique

Présentée par : **Sarah OUFELLA**

Élaboration d'un Système d'Aide Multicritères à la Décision
Spatiale de Groupe : Négociation par Argumentation

Membres de jury

Abdelhafidh HAFFAF	Professeur. Univ. Oran1-A.B	Président
Yahya LEBBAH	Professeur. Univ. Oran1-A.B	Examineur
Sidi.Mohamed BENSLIMANE	Professeur. ESI.Sidi Bel Abbes	Examineur
Bachir DJEBBAR	Professeur. Univ. USTO-MB	Examineur
Nacéra GHOUALMI	Professeur. Univ. Baji Mokhtar, Annaba	Examinatrice
Djamila HAMDADOU	MCA. Univ. Oran1-A.B	Directrice de Thèse

Remerciements

Avec beaucoup de gratitude et de sincérité, je remercie vivement ma directrice de thèse Madame Djamila HAMDADOU Maitre de conférences à l'Université Oran 1, Ahmed Benbella, je la remercie tout particulièrement pour son soutien inconditionnel, ses orientations, ses précieux conseils, sa disponibilité et son investissement depuis le début et tout au long de cette thèse.

Toute ma reconnaissance va à Monsieur Abdelhafidh HAFFAF Professeur à l'Université Oran1 Ahmed Benbella pour l'immense honneur qu'il me fait en présidant ce jury.

Mes vifs remerciements s'adressent également à Monsieur Yahya LEBBAH Professeur à l'Université Oran1 Ahmed Benbella et Monsieur Bachir DJEBBAR Professeur à l'Université Mohamed Boudiaf, Oran pour avoir accepté d'examiner ce travail .

J'adresse également mes sincères remerciements à Monsieur Sidi.Mohamed BENSLIMANE Professeur à l'Ecole Supérieure d'Informatique de Sidi Bel Abbes et Madame Nacéra GHOUALMI Professeur à l'Université de Baji Mokhtar, Annaba d'avoir accepté de participer au jury, ainsi que pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Un grand merci aux membres de l'équipe « Ingénierie de l'Aide Multicritères à la Décision Collective, Distribuée et Temps Réel pour la Gestion Environnementale, le Diagnostic médical et la Surveillance Epidémiologique », dirigée par Madame Djamila HAMDADOU, une équipe dynamique et chaleureuse qui a su créer un environnement de travail convivial et agréable.

Je termine ces remerciements par une pensée affectueuse à tous mes proches, mes parents, ma famille et mes amis qui ont été d'un soutien indispensables dans des moments quelques fois difficiles.

Résumé

Les problèmes territoriaux par leur nature complexe à caractère spatial nécessitent la définition de plusieurs critères et font intervenir plusieurs acteurs ayant des préférences et des intérêts qui divergent. Dans cette perspective, nous proposons un nouveau système d'aide à la décision basé sur trois formalismes de grande importance: les systèmes multi agents, les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritères.

Afin d'aider les différents acteurs à trouver un compromis satisfaisant, le système d'aide à la décision est doté d'un protocole de négociation basé sur l'argumentation qui met en scène deux types d'agents, un ensemble d'agents participants(acteurs) capables de générer des arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives préférées et un agent initiateur doté d'un système d'argumentation permettant d'évaluer les arguments décisionnels et de sélectionner les plus acceptables d'entre eux. Enfin, le système décisionnel est accompagné d'un modèle de processus d'aide à la décision qui définit les différentes étapes à suivre pour arriver à une décision consensuelle dans un contexte spatial, multicritères et multi acteurs.

Mots clé : Système Multi Agents (SMA), Système d'Information Géographique(SIG), Méthodes d'Analyse Multicritères (MAMC), Systèmes d'argumentation, Négociation par Argumentation.

Abstract

The territorial problems by their complex nature in space matter require the definition of several criteria and utilize several stakeholders with conflicting interests and preferences. In this perspective we propose a new decision making system based on three formalisms of high importance: Multi Agent Systems, Geographic information system and Multiple Criteria Decision Analysis. To reach an acceptable agreement which can satisfy the different stakeholders, the proposed decision support system will be enriched with a negotiation protocol based on argumentation approach, which features two types of agents, participant agents (stakeholders) able to build decisional arguments in favour of their preferences, the initiator agent is endowed with an argumentation system allowing to evaluate the decisional arguments and to select the most acceptable of them. Finally, the proposed decision making system is accompanied by a model of the decision making process that defines the different steps to be taken to reach a consensual decision in a spatial, multi criteria and multi actor context.

Keywords: Geographic information systems (GIS), Multi-Agent Systems (MAS); Multicriteria Decision Making (MCDM), Argumentation System, Argumentation Based Negotiation,

Tables des Matières

Introduction Générale	2
Première Partie: Synthèse de l'Etat de l'Art	9
Chapitre1 : Système d'aide a la décision	10
1. Introduction.....	11
2. L'Aide à la décision.....	12
2.1 Décision	12
2.2 Les acteurs de l'aide à la décision	13
2.3 Le processus d'aide à la décision.....	13
2.4 Les systèmes d'aide à la décision(SAD).....	15
3. L'aide à la décision de groupe	15
3.1 Définitions	15
3.2 Le processus de prise de décisions collectives.....	16
3.3 Les systèmes d'aide à la Décision de Groupe(SADG)	18
4. L'aide Multicritère à la Décision (AMCD).....	18
4.1Définitions de l'aide multi critère a la décision (AMCD).....	18
4.2 Concepts fondamentaux de l'AMCD.....	19
4.2.1. Les actions (alternatives ,solutions)	19
4.2.2 Les critères	19
4.2.3 La Matrice des performances.....	19
4.2.4 Paramètres subjectifs.....	20
4.2.5 Modélisation des préférences	21
4.2.6. Procédure d'Agrégation Multicritère (PAMC).....	22
4.2.7. Démarche générale d'une méthode Multicritère	22
4.2.8 Classification des différentes méthodes d'Analyse Multicritère	22
5. L'aide multicritères à la décision collective.....	24
6. Conclusion	26
Chapitre2 : La Négociation dans Les Systèmes Multi Agents (SMA).....	28
1. Introduction	29
2 Agents et Systèmes Multi Agents (SMA).....	30
2.1 Définitions Agents	30
2.2. La typologie des agents.....	30
2.2.1 Les agents réactifs.....	30

2.2.2 Les agents cognitifs.....	31
2.2.3 Les agents hybrides	32
2.2.4 Les agents BDI.....	32
2.3 Définition des systèmes multi agent(SMA).....	34
2.3.1 La Communication entre agents.....	34
2.3.2 Interactions entre agents.....	36
3. La négociation Dans les Systèmes Multi Agents.....	37
3.1 Définitions	38
3.2 Les approches de négociation.....	40
3.2.1 La théorie des jeux.....	40
3.2.2 Les heuristiques.....	41
3.2.3 La négociation par argumentation.....	42
4. Conclusion	45
Chapitre3 : Théorie de L'argumentation	46
1. Introduction	47
2. Le Processus d'argumentation	48
3. Les éléments de base d'un système d'argumentation.....	49
3.1 Le langage.....	50
3.2 Argument	50
3.2.1 Les type d'arguments.....	51
3.2.2 Représentation d'un argument.....	51
3.2.2.1 L'arbre d'inférences	51
3.2.2.2Une séquence d'inférences.....	53
3.2.2.3Une paire prémisses-conclusion	53
3.3 Interactions entre les arguments.....	54
3.3.1 Interactions de type support.....	54
3.3.2 Interactions de type conflit.....	54
3.3.2.1 La relation réfute.....	55
3.3.2.2 La relation attaque.....	55
3.3.3 Le statut des arguments.....	55
3.3.3.1 L'acceptabilité individuelle	55
3.3.3.2 L'acceptabilité conjointe	55
4. Cadre d'argumentation	56
4.1 Cadre d'argumentation abstrait.....	56
4.2 Cadres d'argumentation à base de valeurs	59
4.3 Cadres d'argumentation à base de préférences.....	60
4.3.1 Cadre d'argumentation à base de préférences basé sur une acceptabilité individuelle	60
4.3.2 Cadres d'argumentation à base de préférences basée sur l'acceptabilité conjointe	61
4.3.3 Logique argumentative à base de préférences.....	62

5. Négociation et systèmes d'argumentation.....	65
6. Conclusion	66
Deuxième Partie : Modèles Proposés et Mise en Œuvre	68
Chapitre4 : Modèles décisionnels proposés	69
1. Introduction.....	70
2. Modèle de Processus spatiale multicritère et multi acteurs proposé	71
2.1Caractéristiques du modèle de Simon	71
2.2 Modèle de processus décisionnel proposé.....	72
2.2.1 Acteurs impliqués dans le modèle décisionnel proposé.....	72
2.2.2 Description du modèle de processus décisionnel proposé.....	73
3. Système d'aide multicritère a la décision de groupe a référence spatial proposé	80
3.1 Les systèmes d'information Géographique	81
3.2 Couplage SIG-MCA : Travaux connexes	81
3.3La description du système décisionnel proposé	83
3.3.1 Modèle spatial.....	85
3.3.2 Modèle Multi-Agents	85
3.2.2.1 Agentification	85
3.2.2.2 Importance des agents participants.....	86
3.3.3 Système d'argumentation à base de coalition	87
3.3.4Historique de Négociation	88
3.3.5Modèle de Préférence.....	88
3.3.6 Protocole de négociation proposé.....	90
3.3.6.1Fonctionnement Générale du Protocole	90
3.3.6.2 Les Caractéristiques du Protocole Proposé.....	90
3.3.7 Stratégies de Négociation	92
3.3.7.1 Les stratégies du participant	93
3.3.7.2 Les Stratégies de l'initiateur.....	96
4. La démarche décisionnelle adoptée par CSMDSS.....	105
5. Synthèse.....	106
6. Conclusion	107
Chapitre5 : Mise En Œuvre du Modèle Décisionnel	108
1. Introduction.....	109
2. Environnements de développement.....	109
3. Etude de cas et résultats expérimentaux.....	113
3.1 Délimitation de la région d'étude.....	113
3.2 Identification des acteurs.....	114
3.3 Définition des actions	114
3.4 Définition des critères	115
3.5Construction de la matrice de performance	115
3.6 Création des agents.....	118

3.7 Modélisation des préférences.....	118
3.8 Simulation de la Négociation par argumentation	119
4. Conclusion.....	128
Conclusion Générale	130
Troisième Partie : Annexes.....	135
Annexe A.....	136
1. Introduction	137
2. Méthodologie de conception des Interactions SMA.....	137
3. Plate forme de développement de système multi agents.....	139
4. Conclusion	140
Annexe B.....	141
1. Introduction	142
2. Taxinomie des méthodes d'analyse multicritères.....	142
3. Présentation de la méthode multicritères Pamssem II.....	144
4. Conclusion	145
Annexe C.....	146
1. Introduction	147
2. Définitions	147
2.1 Les avantage des SIG.....	147
2.2 Les composants d'un SIG	148
2.3 Fonctionnalités d'un SIG	149
3. Les Couches d'information dans un SIG	149
4. Mode de représentation.....	150
5. Conclusion.....	151
Référence	152

Liste des abréviations

AT	A ménagement du T erritoire
AMC	A nalyse M ulticritères
AMCD	A ide M ulticritères à la D écision
CSMDSS	C ollaborative S patial M ulticriteria D ecision S upport S ystem
DSS	D ecision S upport S ystem
GDSS	G roup D ecision S upport S ystem
MAMC	M éthodes d'Analyse M ulticritères
MCDM	M ultiple C riteria D ecision M aking
SAD	S ystème A ide à la D écision
SIG	S ystèmes d'Information G éographique
SMA	S ystèmes M ulti A gents
PAMC	P rocédure A grégation M ulticritères
UML	U nified M odeling L anguage

Liste des Tables

Table 1.1: Matrice des performances.....	20
Table 1.2: paramètres subjectifs.....	21
Table 1.3 : Situation des préférences.....	21
Table 1.4 : Les quatre problématiques de référence.....	24
Table 1.5 : Aide multicritères à la décision collective : Travaux connexes	24
Table2.1. Aperçu des principaux protocoles de négociation	39
Table2.2 Négociation par argumentation: Travaux connexes.....	43
Table3.1 Taxinomie des systèmes d'argumentation.....	63
Table3.2 Négociation et systèmes d'argumentation: Travaux connexes.....	65
Table4. 1. Synthèse de modèles de processus décisionnels proposés dans la littérature	80
Table4.2. Couplage SIG-MCA : Travaux connexes.....	83
Table4. 3 : échelle de Saaty.....	87
Table 4.4 : Sémantiques d'acceptabilité	103
Table 4.5 : Comparaison entre le système proposé et celui d'Amgoud.....	106
Table 5.1 : Evaluation du critère (C1)	116
Table 5.2 : Evaluation du critère (C2)	116
Table 5.3 : Evaluation du critère (C3)	116
Table5.4 : Evaluation du critère (C4)	117
Table5.5 : Evaluation du critère (C5)	117
Table 5.6. Arguments décisionnels présentés par les participants lors du tour 1....	120
Table5.7 Relations d'interactions inter arguments (tour 1).....	122
Table5.8 Choix coalition optimale lors du tour 1.....	122
Table 5.9 Arguments décisionnels présentés par les participants lors du tour 2....	123
Table 5.10 Ensemble d'arguments et de coalitions d'arguments	125
Table 5.11 Arguments décisionnel après révision (tour 2).....	125
Table 5.12 Relation d'attaques et ensemble de coalitions d'arguments après révision (tour 2)	125
Table5.13 Choix coalition optimale lors du tour 2.....	126
Table A.1 : Plate-forme de développement de systèmes multi agents.....	139
Table B.1 Quelques méthodes procédant par agrégation totale.....	142
Table B.2 Quelques méthodes procédant par agrégation partielle.....	143
Table B.3 Quelques méthodes procédant par agrégation locale.....	144

Liste des Figures

Figure 1.1: Processus de décision selon Simon	14
Figure2.1: Structure d'un agent réactif	31
Figure 2.2 Architecture d'un agent cognitif	31
Figure 2.3 Architecture d'un agent hybride.....	32
Figure2.4 : Principe d'une architecture BDI	33
Figure2.5 : Architecture d'un système multi-agents à base de BB	35
Figure2.6 : Communication par envoie de message.....	35
Figure 3.1 Différentes étapes d'un processus argumentatif.	48
Figure4.1. Modèle de processus de prise décision proposé.....	78
Figure4.2. Système décisionnel proposé.....	84
Figure 4.3 : Diagramme de séquences UML du protocole de négociation proposé	92
Figure4.4 Les phases de la procédure d'utilisation du système décisionnel proposé	105
Figure 5.1: Architecture de la plateforme JADE.....	111
Figure 5.2: RMA Agent.....	112
Figure 5.3: Dummy Agent.....	112
Figure 5.4 : Sniffer Agent.....	113
Figure 5.5 : Visualisation de la zone d'étude.	114
Figure 5.6 Visualisation des îlots vides.....	115
Figure5.7 : Matrice des performances (tableau d'évaluation)	117
Figure 5.8 Création des différents agents (Initiateur, Participants)	118
Figure5.9. Poids des agents participants.....	118
Figure5.10 rangement des alternatives (sites) selon chaque participant.....	119
Figure 5.11 Visualisation du message Propose () destiné aux agents participants (round1)	120
Figure 5.12 Réponses des participants (round1)	120
Figure5.13 Visualisation des messages Request() et Inform() échangés entre participants et initiateur (round1)	120
Figure5.14. Poids arguments décisionnel (tour1).	122
Figure 5.15 Visualisation du message Propose() et des réponses des participants (tour 2)	123
Figure5.16 Visualisation des messages Request()/Inform() échangés entre participants et initiateur (round2).	123
Figure5.17. Poids arguments décisionnel (tour2).	126
Figure 5.18 Visualisation des messages échangés entre participants et initiateur (tour3)	127

Figure 5.19 : Visualisation de la ressource (îlot) gagnante.....	127
Figure C.1 : Organisation en couches dans un SIG.....	149
Figure C.2 Le Mode Raster.....	150
Figure C.3 Le Mode Vecteur.....	151

Introduction Générale

Contexte de L'étude

L'aménagement du territoire, la préservation de l'environnement, la gestion des ressources renouvelables, le développement durable sont des problématiques à long terme auxquelles les décideurs souhaitent faire face avec le plus d'éléments leur permettant de rationaliser et d'explicitier leurs choix.

L'Aménagement du territoire(AT) est une discipline complexe ayant divers objectifs. C'est l'art ou la technique de disposer avec ordre à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques, voire stratégiques [Mer et al, 00].

Les problématiques de localisation spatiale constituent une préoccupation majeure de l'aménagement du territoire. Pour se soigner les centres hospitaliers sont indispensables, pour se nourrir et se vêtir on a constamment recours au service et infrastructures du transport, de l'industrie et du commerce ; les réseaux d'assainissement interviennent dans la gestion de nos déchets, etc... Un des défis des aménageurs est de parvenir à une adéquation optimale entre les besoins de nos sociétés et les réponses offertes par les travaux d'aménagement.

La multiplicité des critères tant sociaux et économiques qu'environnementaux, de même que la présence de groupes d'acteurs ayant des intérêts divergents et contradictoires mettent en évidence la complexité de la conduite de projets urbains. En effet, la gestion territoriale est régulièrement source de conflits quel que soit le secteur d'application. Pour réduire ces conflits et leurs coûts inhérents, il apparaît de plus en plus indispensable de mieux intégrer les logiques des différents acteurs dans les processus décisionnels.

Problématique et Contribution

L'aide à la décision est un domaine au carrefour de plusieurs disciplines incluant la théorie de la décision, les sciences politiques, la sociologie, la recherche opérationnelle, l'intelligence artificielle, les systèmes d'information, les méthodes de décision discrètes, etc...

L'aide à la décision n'a pas pour but de se substituer au décideur en lui proposant une solution toute faite. Elle cherche d'abord à l'éclairer et à le guider vers des décisions qu'il aura la responsabilité de prendre.

L'activité d'aide à la décision s'articule autour d'un processus de décision qui ne peut être dissocié du contexte de la décision, ce processus consiste en la détermination de l'ensemble des étapes à suivre par un décideur afin d'arriver à opter pour une décision comme solution à un problème posé.

Le processus de prise de décision a commencé à susciter l'intérêt des théoriciens dès 1910 quand l'un des premiers modèles de décision classique introduit par John Dewey fait son apparition [Dew, 10]. Ainsi, après une période caractérisée uniquement par un schéma de pensée basé sur un concept de rationalité pure apparaît celui basé sur un concept de rationalité limitée au sens de Simon [Sim, 54]. Ce nouveau schéma de pensée se base sur une philosophie de satisfaction «satisficing», où la notion de solution satisfaisante remplace celle de solution optimale. Ce modèle reste à ce jour une référence pour la modélisation de la décision et une source d'inspiration pour les différents modèles de processus proposés dans la littérature.

Nos préoccupations de recherche se situent dans le cadre de l'aide multicritères à la décision spatiale de groupe qui considère le comportement décisionnel comme non nécessairement guidé par un critère unique mais comme pouvant être la résultante d'un ensemble de critères en interaction. Par ailleurs, nous considérons un contexte où les décisions impliquent de multiples acteurs qui proviennent des disciplines variées et qui ont des connaissances, des compétences et des perspectives du problème différentes. Ces caractéristiques font que le modèle classique du processus de décision linéaire de Simon [Sim, 54] et les différentes extensions qui y sont apportées sont insuffisants pour faire face à cette complexité décisionnelle, d'où la nécessité de proposer de nouveaux modèles plus adaptés aux caractéristiques des problèmes décisionnels spatial, multi acteurs et multicritères qui nous préoccupent.

De nos jours, il n'existe que très peu de situation où une décision peut être prise en vase clos par un décideur unique. La plupart des situations décisionnelles nécessitent la prise en compte d'une façon ou d'une autre des valeurs de plusieurs intervenants. C'est le cas en particulier des décisions touchant le domaine de la gestion de l'environnement (déchets, eau, forêts, énergie, etc.) et de façon plus prononcée les décisions territoriales.

Au nombre des préoccupations de l'aménagement du territoire figure la problématique de localisation spatiale qui se pose lors du choix du meilleur emplacement pour l'implantation d'une infrastructure ou inversement, là où les meilleures activités correspondantes à un site compte tenu de ses caractéristiques. Il s'agit par exemple de la recherche du meilleur site pour l'implantation d'un bâtiment administratif, d'une usine, d'une station d'épuration, etc... [Joe, 97].

Ce genre de problématique est réputé être spatiale faisant intervenir plusieurs acteurs aux opinions différentes et aux intérêts conflictuels. En effet, la même étendue spatiale est perçue différemment par un environnementaliste, un politicien, un économiste, etc... Chacun de ces intervenants détient une perception de l'espace différente selon ses préoccupations et ses objectifs. De plus les différentes alternatives proposées (options, choix, etc...) dans un processus de décision sont en général caractérisées par des critères d'évaluation multiples (effet sur l'environnement, niveau de développement économique et social engendré, rentabilité, etc...). De ce fait, l'étude de la localisation amène à prendre des décisions très importantes par le fait qu'elles étendront leurs effets sur plusieurs années.

Il est donc primordial que les méthodes choisies pour traiter cette problématique soient rigoureuses et fiables.

Pour essayer de répondre à un tel besoin, la plupart des décideurs ayant à charge la gestion du territoire ont de plus en plus recours à l'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG), en raison de leur puissance et de leur excellence en tant qu'outils de stockage et gestion de base de données à référence spatiale. Mais trop souvent pour des raisons de manque de fonctionnalités en matière d'aide à la décision, nombre d'utilisateurs se contentent d'utiliser leur SIG comme outil de cartographie automatique vu qu'il ne permettent pas d'intégrer les préférences du décideur et d'effectuer un choix dans un contexte d'évaluation d'objectifs et de critères conflictuels .

La résolution de problèmes environnementaux via l'analyse multicritères (AMC) est bien antérieure à l'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG): cas d'implantation d'infrastructures agricoles [Jan et al, 01], planification du transport [Jan et al, 95], planification urbaine et régionale [Mal, 06], gestion et conservation des ressources en eau[Cha, 06], etc... Cependant les méthodes d'analyse multicritères(MAMC) toutes seules sont incapables de tenir compte de tous les aspects des problèmes de décision à référence spatiale.

L'association des méthodes d'analyse multicritères(MAMC) et des systèmes d'information géographique (SIG) constitue une voie privilégiée pour combler les lacunes respectives de chaque outil: d'une part la difficulté pour les systèmes d'information géographique(SIG) à prendre en compte la dimension multicritères inhérente des problèmes territoriaux, d'autre part les limites des méthodes d'analyse multicritères(MAMC) lorsqu'il s'agit de représenter la dimension spatiale. Conjuguer les potentialités des deux outils permet de créer un système d'aide à la décision spatiale plus poussé.

Le couple SIG-MAMC convient parfaitement aux problématiques multicritères et spatiales faisant intervenir un seul décideur, cependant la discipline de l'aménagement du territoire est aujourd'hui amenée à concilier un nombre croissant d'objectifs, souvent divergents, défendus par une grande diversité d'acteurs dont l'adhésion est nécessaire pour garantir le succès des décisions.

Dans cette optique, il est impératif de répondre aux préoccupations suivantes :

- *Comment représenter la multiplicité des acteurs affectés par la décision de groupe au sein d'un système décisionnel ?*
- *Comment gérer les conflits et les désaccords suite à la considération de plusieurs acteurs ayant des préférences des perspectives et des objectifs divergents ?*
- *Comment arriver à un consensus pouvant satisfaire les différents acteurs?*

Dés lors, nous avons exploré l'idée d'associer d'autres outils issus de divers domaines au couple SIG-MAMC afin de pouvoir le faire évoluer vers un véritable système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe.

La modélisation multi agents effectuée dans un contexte d'aide à la décision semble se prêter particulièrement bien à l'intégration des acteurs dans le processus de prise de décision, ces derniers peuvent aisément se reconnaître dans des agents autonomes évoluant au sein d'un environnement pouvant communiquer coopérer et négocier.

Le plus souvent les acteurs du territoire ont des positions différentes, des intérêts et des objectifs conflictuels, il est impératif de trouver un accord qui puisse les satisfaire en respectant les préférences, les points de vue et les opinions de chacun.

La négociation est un processus grâce auquel plusieurs parties aboutissent à une décision commune. Ce puissant mécanisme joue un rôle important dans les situations multi acteurs, et permet de trouver un consensus, un terrain d'entente entre les parties concernées, une plate-bande où leurs positions respectives se rejoignent.

A ce titre, il nous a semblé intéressant d'exploiter les avantages de la négociation dans le but de trouver un consensus acceptable pour un groupe d'acteurs dans un contexte multicritères. Dans la littérature, trois approches de négociation sont distinguées [Rah et al, 04], les deux premières (théorie des jeux et les heuristiques) approches procèdent par un échange d'offres et de contre-offres jusqu'à trouver celle qui satisfait les agents. Récemment, une troisième approche suggère d'intégrer l'argumentation dans les processus de négociation, elle constitue le cadre de nos travaux.

Le succès d'une démarche s'aide à la décision se trouve dans la compréhension de l'ensemble du processus de prise de décision dans lequel s'insère cette aide. Les modèles d'aide à la décision sont le point de départ obligé de l'étude des systèmes d'aide à la décision car ils définissent les fonctionnalités et les étapes à mettre en œuvre pour aboutir à des recommandations.

A ce titre, notre première contribution porte sur la proposition d'un modèle d'aide à la décision dédiée aux problématiques spatiales, multicritères et multi acteurs. Le modèle de processus de prise de décision proposé offre aux différents acteurs une démarche à suivre lors de la prise de décision. Cette démarche décrit les différentes étapes nécessaires pour arriver non pas à une décision satisfaisante mais plutôt à une décision consensuelle.

Nous tentons d'étendre le modèle décisionnel de Simon [Sim, 54] pour mieux l'adapter au contexte qui nous intéresse en avançant un schéma plus large où les acteurs qui étaient préalablement à l'extérieur du système de prise de décision y sont maintenant intégrés et interviennent tout au long du processus décisionnel.

Les éléments pertinents caractérisant le modèle décisionnel proposé sont :

- **La participation :** le modèle proposé offre aux acteurs la possibilité de participer collectivement à chaque étape du processus d'aide à la décision depuis la formulation et de jusqu'à la résolution du problème spatial et multi critère traité.
- **La négociation :** l'impératif de participation et cette complexité accrue des problèmes due notamment à la multiplicité des parties prenantes et de leurs des points de vue divergents nous conduisent à enrichir le modèle de Simon [Sim, 54] par une phase de négociation qui permet aux membres du groupe d'arriver à un consensus.

C'est dans un contexte spatial, multicritères et multi acteurs que s'inscrit notre seconde contribution qui porte sur la proposition d'un système d'aide multicritères à la décision collective à référence spatiale qui s'articule autour de quatre formalismes de grande importance, les systèmes multi agents(SMA), les systèmes d'information géographique(SIG), la négociation et l'analyse multicritères(AMC). Le système d'aide à la décision proposé permet de :

- Représenter le territoire grâce aux fonctionnalités du SIG, en effet les systèmes d'information géographique disposent d'outils puissants pour la manipulation, la gestion et l'analyse de données à référence spatiale. Leur utilisation contribue à la récolte des informations, la production d'informations dérivées et la manipulation d'un important volume de données aidant à considérer le problème dans toute sa complexité et à décrire les différentes variantes.
- Représenter la multiplicité et la diversité des acteurs territoriales en se fondant sur le paradigme des systèmes multi agents. L'idée étant alors de modéliser le plus finement possible les acteurs et de les faire interagir dans le but de construire une décision collective. Le système d'aide à la décision comporte deux types d'agents, un agent initiateur et un ensemble d'agents participants (négociateurs) représentant les différents acteurs touchés et affectés par la décision finale. La multiplicité des acteurs rend la prise de décision territoriale difficile puisque d'un côté nous aurons les acteurs forts disposant d'un pouvoir important et de l'autre côté des acteurs faibles qui ont plus de difficulté à défendre leurs intérêts. Afin de refléter le plus possible la réalité décisionnelle, un poids est associé à chaque agent participant (acteur) pour représenter son degré d'influence lors de la décision finale. Bien que l'importance relative des acteurs puisse influencer sensiblement la décision finale, rares sont les travaux de recherche qui prennent en compte cette notion lors d'une décision de groupe.
- Identifier les préférences des agents participants concernés par la décision de groupe. En effet, les participants sont face à un ensemble d'alternatives potentielles évaluées selon un ensemble de critères conflictuels. Afin de représenter leurs préférences de la manière la plus fidele possible, les participants sont dotés de méthode d'analyse multicritères(MAMC) traitant une problématique de rangement (gamma) permettant d'ordonner l'ensemble d'alternatives (options) candidates de la meilleur à la moins bonne.
- Prendre une décision collective en respectant les préférences et la contrainte de chacun. Pour cela, les agents participants passent par une phase de négociation basée sur l'argumentation, nouvelle approche prometteuse qui s'apparente plus à la façon dont les humains négocient. Nos travaux de recherche sont focalisés sur l'intégration de l'argumentation dans les interactions de négociation multi agents. En particulier, nous nous intéressons à la négociation délibérative où un ensemble d'agents (négociateurs) souhaitent prendre une décision collective sur un sujet donné.

Dans cette optique le système d'aide à la décision intègre un protocole de négociation argumentatif qui garantit l'atteinte d'un compromis satisfaisant là où les approches non argumentatives de négociation peuvent échouer.

Muni d'une base de connaissance chaque participant est capable de générer des arguments en faveur de ses alternatives préférées. Les arguments décisionnels ont une structure logique et permettent de

- Présenter les raisons qui justifient et expliquent la préférence d'un agent pour une alternatives par rapport à d'autres alternatives selon un ensemble de critères.
- Expliquer les raisons des rejets ou d'acceptation d'une offre lors de la négociation.
- Guider l'agent initiateur dans le choix de ses propositions et augmenter ses chances de trouver un compromis satisfaisant.

Inspirés par les systèmes d'argumentation proposés dans la littérature en particulier celui d'Amgoud [Amg et al, 00], nous proposons de doter l'agent initiateur d'un système d'argumentation à base de coalitions qui prend en entrée un ensemble de coalitions chacune d'elle constituée d'un ou de plusieurs arguments et fournit en sortie la ressource (option, alternative) à proposer, cette dernière est soutenue par les arguments décisionnels constituant la coalition optimale du système.

Plan du document

La présente étude présente un travail transversal qui se situe au carrefour de plusieurs domaines à savoir: les systèmes multi agents (SMA), la négociation par argumentation, l'aide multicritères à la décision (AMCD) et les systèmes d'information géographique (SIG). Le document est organisé en trois parties :

- **La première partie (Synthèse de l'état de l'art):** aborde les différents concepts outils et paradigmes utilisés dans cette étude afin de faire face aux problématiques territoriales qui nous préoccupent. Cette partie comporte 3 chapitres :

Chapitre 1 : Les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD)

Ce chapitre présente les notions de décision, d'aide à la décision et de processus décisionnel. L'aide à la décision est ensuite étendue pour couvrir deux domaines de recherche en vogue qui sont l'aide à la décision collective et l'aide à la décision multicritères, enfin nous présentons un panorama de travaux existants dans la littérature et traitant l'aide à la décision dans des contextes à la fois multicritères et multi acteurs.

Chapitre 2 : La Négociation dans les Systèmes Multi Agents

A travers ce chapitre sont présentées les notions d'agents et de systèmes multi agents(SMA), une attention particulière est portée à la négociation mécanisme puissant permettant à un groupe d'agents de trouver un accord. Ce chapitre décrit également les différentes formes de négociation dans les systèmes multi agents et notamment l'argumentation qui constitue le cadre de nos travaux. Les principaux travaux traitant la négociation par argumentation sont aussi passés en revue.

Chapitre 3 : La théorie de l'argumentation

Lors de ce chapitre, nous introduisons les concepts de base de la théorie de l'argumentation, les notions de systèmes d'argumentation de structure d'arguments et de relations d'interactions sont passés en revue. Enfin, nous aborderons une sélection de systèmes argumentatifs développés dans la littérature, principalement le système d'argumentation proposé par Minh Dung [Dun, 95].

- **La seconde partie (Contributions)** : aborde notre contribution qui porte sur la proposition et la mise en œuvre d'un modèle et d'un système d'aide à la décision permettant de faire face aux problématiques territoriales. Cette partie est composée de deux chapitres.

Chapitre 4 : Modèle et Système d'Aide à la Décision Proposés

Ce chapitre décrit notre contribution qui porte sur :

- La proposition d'un modèle de processus de prise de décision de groupe, à caractère participatif comprenant les différentes étapes à travers lesquelles il est possible de trouver un consensus satisfaisant pour un groupe d'acteurs dans un environnement spatial et multicritères.
- L'élaboration d'un système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe, susceptible d'apporter une aide efficace aux acteurs territoriaux.

Chapitre 5 : Mise en Œuvre

Nous détaillons dans ce chapitre la maquette informatique proposée ainsi que les données utilisées relatives à l'étude de cas réelle tout en discutant les résultats obtenus.

-**La troisième partie (Annexes)**: comporte trois annexes qui permettent d'apporter un complément d'informations sur les différents concepts utilisés lors de cette étude.

Annexe A : Plateformes et méthodologie de conception des SMA.

Dédiée à la présentation des méthodologies de conception des systèmes multi agents ainsi qu'aux différentes plateformes SMA décrites dans la littérature.

Annexe B : Taxinomie des méthodes d'analyse multicritères:

Présente une taxinomie des différentes méthodes d'analyse multicritères traitant différents types de problématiques.

Annexe C : Systèmes d'Information Géographique

Consacrée à l'étude des systèmes d'information géographique(SIG), outils adéquats pour appréhender les problèmes de décision à référence spatiale.

Le présent document s'achève par une conclusion où nous récapitulons les apports de la présente étude tout en ouvrant des perspectives de recherche

Première Partie

Synthèse de l'Etat de l'Art

Chapitre 1

Les Systèmes d'aide à la Décision

Sommaire

1. Introduction.....	11
2. L'Aide à la décision.....	12
2.1 Décision	12
2.2 Les acteurs de l'aide à la décision	13
2.3 Le processus d'aide à la décision.....	13
2.4 Les systèmes d'aide à la décision(SAD).....	15
3. L'aide à la décision de groupe	15
3.1 Définitions	15
3.2 Le processus de prise de décisions collectives.....	16
3.3 Les systèmes d'aide à la Décision de Groupe(SADG)	18
4. L'aide Multicritère à la Décision (AMCD).....	18
4.1 Définitions de l'aide multi critère a la décision (AMCD).....	18
4.2 Concepts fondamentaux de l'AMCD.....	19
4.2.1. Les actions (alternatives ,solutions)	19
4.2.2 Les critères	19
4.2.3 La Matrice des performances.....	19
4.2.4 Paramètres subjectifs.....	20
4.2.5 Modélisation des préférences	21
4.2.6. Procédure d'Agrégation Multicritère (PAMC).....	22
4.2.7. Démarche générale d'une méthode Multicritère	22
4.2.8 Classification des différentes méthodes d'Analyse Multicritère	22
5. L'aide multicritères à la décision collective.....	24
6. Conclusion	26

Chapitre 1

Les Systèmes d'Aide à la Décision

La problématique abordée dans ce chapitre est celle de l'aide informatique qui peut être apportée à un ou plusieurs décideurs dans le but d'améliorer la qualité de la décision individuelle ou collective.

Ce premier chapitre constitue une présentation générale de l'aide à la décision. Nous y abordons tout d'abord les notions de décision, d'aide à la décision et de processus décisionnel. Par la suite, l'aide à la décision est étendue pour couvrir deux domaines de recherche en vogue à savoir l'aide à décision collective et l'aide à décision multicritères.

1. Introduction

La majeure partie des activités humaines nécessite de prendre quotidiennement des décisions; que cela soit au niveau d'un pays, d'une région, d'une administration, d'une entreprise, au sein de la cellule familiale ou tout simplement à l'échelle de l'individu. Néanmoins, la taille des problèmes traités, la variété des facteurs influents sur la qualité d'une décision, le besoin d'une réponse rapide à un problème donné ont créé une demande importante en termes d'outils d'aide à la décision susceptibles d'apporter une aide efficace aux décideurs(s).

Dès que le décideur prend en compte la complexité de la réalité et se base sur plusieurs critères pour prendre une décision, la problématique devient alors multicritères faisant ainsi intervenir une multitude de critères qui sont généralement conflictuels et antagonistes.

De nos jours, la complexité croissante de l'environnement socio-économique et les aspirations démocratiques rendent de moins en moins possible la prise de décision par un seul décideur compte tenu des divers aspects pertinents qui caractérisent les problèmes de décision traités. L'intervention de plusieurs entités venant de disciplines différentes permettrait effectivement de traiter les différents aspects d'un problème de décision complexe plus efficacement et d'aboutir ainsi à une meilleure solution. Dès lors, on parle de décision collective reflétant plus la réalité décisionnelle.

Ce chapitre est consacré à l'étude de la théorie de l'aide à la décision et du processus décisionnel qui en découle, par la suite seront abordés les aspects multi décideurs (collectifs) et multicritères qui peuvent caractériser la prise de décision.

Enfin, une multitude de travaux ayant traité des situations décisionnelles qui peuvent impliquer à la fois une multitude de critères et d'acteurs seront passées en revue.

2. L'Aide à la décision

Roy [Roy et al, 93] définit l'aide à la décision comme étant : « L'activité de celui qui prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à recommander ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part ».

L'aide à la décision est donc un processus qui utilise un ensemble d'informations disponibles à un instant donné afin de formuler un problème et aboutir à une décision sur un objet précis. Pour bien assimiler le concept d'aide à la décision, il s'avère nécessaire de se familiariser avec les notions suivantes :

2.1 La Décision

Le terme décision est assimilé à un acte, une action ou un processus de résolution de problème.

Elle est définie selon Kast [Kas, 93] comme « un choix entre plusieurs solutions existantes ayant chacune des conséquences différentes, le choix sera fait selon des critères précis de sélection ».

Roy et Bouyssou [Roy et al, 93] estiment que la décision est souvent présentée comme «le fait d'un individu isolé (décideur) qui exerce librement un choix entre plusieurs possibilités d'actions à un moment donné dans le temps ».

Longueville [Lon, 03] définit quant à lui la décision comme « un processus de transformation d'informations. Il conduit un acteur ou un groupe d'acteurs de l'organisation à répondre à une question donnant lieu à une action (par la réponse) ».

Malgré les différences qui marquent les définitions d'une décision nous pouvons noter les points suivants :

- une décision a pour objectif de résoudre un problème.
- elle doit se concrétiser par une action.
- la décision peut être associée à plusieurs objectifs et peut être donc être multicritères.
- elle peut être individuelle ou collective.

2.2 Les acteurs de l'aide à la décision

Au cours d'un processus de décision divers acteurs peuvent être amenés à intervenir à des titres variés. L'étude des différents acteurs (typologie des acteurs, leur objectifs et systèmes de valeurs, leurs interactions, etc...) constitue un aspect important à étudier pour analyser et concevoir un processus d'aide à la décision.

Le terme acteur désigne généralement un individu ou un groupe d'individus ayant une quelconque intervention dans le processus d'aide à la décision au même moment ou à des moments différents et pouvant être dans un même endroit ou bien répartis géographiquement [Roy et al, 93].

Maystre [May et al, 94] distingue 8 acteurs différents dont les plus importants sont le décideur, l'homme d'étude et les intervenants.

- **Le décideur** : l'aide à la décision (AD) vise à résoudre des problèmes encore très confus dans l'esprit de celui qui se les pose, cette personne s'appelle un décideur. Ce dernier est assisté par l'aide à la décision pour mieux exprimer ses préférences vis-à-vis d'une situation donnée.
- **L'homme d'étude (l'analyste)** : c'est lui qui prend en charge l'activité de l'aide à la décision. Son rôle consiste à structurer le problème, expliciter le modèle, l'exploiter en vue d'obtenir des éléments de réponse et enfin éclairer le décideur sur les conséquences de tel ou tel comportement. Son succès dépend beaucoup de la manière dont il délimite le modèle, affine la problématique, contrôle les données et choisit l'approche opérationnelle.
- **L'intervenant** : c'est une personne qui cherche à influencer le décideur dans une phase du processus en raison de la nature de ses valeurs et donc en fonction de son système de préférences.
- **Les Agis** : sont les acteurs concernés par les conséquences de la prise de décision.
- **Le Demandeur** : Il s'interpose entre le décideur et l'homme d'étude. C'est lui qui demande l'étude et alloue les moyens nécessaires
- **Le Négociateur** : il est mandaté par un décideur en vue de faire valoir la position de celui-ci dans une négociation et de rechercher une action compromise.
- **Le Médiateur** : intervient en vue d'aider les décideurs (ou les négociateurs) à rechercher une action compromise.
- **L'Arbitre (juge)** : intervient en se substituant aux acteurs dans la recherche d'une action compromise.

2.3 Le processus d'aide à la décision

L'activité d'aide à la décision (AD) s'articule autour d'un processus de décision qui peut être défini comme « un ensemble d'activités déclenché par un stimulus et aboutissant à un engagement spécifique à l'action » [Cha et al, 05].

Roy [Roy, 85] définit quant à lui le processus de décision comme étant « le déroulement des confrontations et des interactions régulées par différents processus compensatoires, apparaissant successivement entre les différents acteurs ».

Le modèle du processus de décision adopté par la majeure partie des travaux en aide à la décision est sans doute le modèle proposé par Simon [Sim, 77]. Ce processus opère en 4 étapes non nécessairement séquentielles :

1. **Conception** : génère les différentes alternatives qui forment l'ensemble des possibilités. Les différentes solutions sont donc élaborées à ce stade.
2. **Information** : détermine l'ensemble des données nécessaires qui seront utilisées lors des phases suivantes.
3. **Choix** : Cette phase constitue la phase de décision proprement dite. Elle consiste à restreindre l'ensemble des possibilités au sous-ensemble des possibilités sélectionnées.
4. **Evaluation** : Cette phase a pour objet d'évaluer la qualité de la prise de décision et peut impliquer si nécessaire un retour à l'une des phases précédentes

La figure (1.1) illustre le processus décisionnel de Simon [Sim, 77].

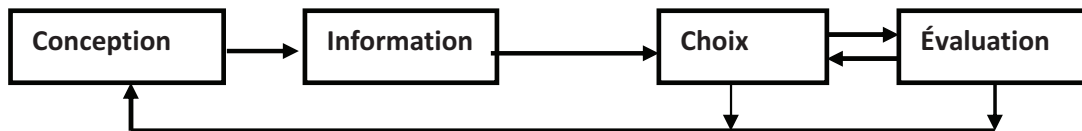


Figure 1.1 : Processus de décision selon Simon

Le modèle canonique de Simon [Sim, 77] fut le point de départ d'un ensemble de modèles de décision disponibles dans la littérature, notamment le modèle Mintzberg [Min, 79] et celui de Tsoukias [Tso, 93].

- Dans le modèle de Mintzberg [Min, 79], le processus décisionnel est décomposé selon plusieurs phases dont les principales sont :
 - Phase1** : Identification de la situation décisionnelle : Reconnaissance et Diagnostic.
 - Phase2** : Développement des solutions possibles : Recherche et Conception.
 - Phase3** : Sélection d'une solution à implanter : Tamisage, Evaluation/Choix et Autorisation.
- Dans le modèle Tsoukias [Tso, 93], le processus d'aide à la décision est subdivisé en quatre phases
 - Phase1** : Représentation du problème.
 - Phase2** : Formulation du problème.
 - Phase3** : Evaluation.
 - Phase4** : Recommandation.

D'une manière générale, l'aide à la décision est considérée comme étant tout processus mental à la suite duquel tout individu placé devant plusieurs alternatives mutuellement exclusives choisit l'une d'entre elles.

Certaines décisions sont faciles à prendre cependant, il existe des décisions complexes qui requièrent le suivi d'un processus décisionnel associé à une aide au décideur durant ce processus. Cette aide est procurée par les systèmes d'aide à la décision(SAD).

2.4 Les systèmes d'aide à la décision(SAD)

Le concept de Système d'Aide à la Décision abrégé en SAD (Système Aide a la Décision) ou DSS (Decision Support System) varie selon l'auteur, peut prendre plusieurs formes et peut être employé de diverses manières suivant le contexte.

Gorry et Morton [Gor et al, 71] définissent les SAD comme « des systèmes interactifs qui aident les décideurs à utiliser des données et des modèles pour résoudre des problèmes non structurés ».

Finlay [Fin, 94] quant à lui définit les SAD comme «tout système informatique qui aide au processus de prise de décision incluant potentiellement toute solution informatique ayant pour finalité d'optimiser et de faciliter la prise de décision».

Turban, Aronson, et Liang [Tur et al ,05] définissent les SAD comme «des systèmes d'information flexibles qui exploitent des données, fournissent une interface graphique facile d'utilisation, intègrent les attentes des décideurs et utilisent des modèles de traitement pour apporter une solution à un problème de gestion non structuré ».

3. L'aide à la décision de groupe

Le recours à la décision collective s'est fait sentir au sein des organisations qui se sont aperçues que les modèles de décision traditionnels adaptés au cas uni décideur ne correspondaient plus à la réalité organisationnelle où une décision n'apparaît plus comme un résultat fourni par un seul décideur mais un compromis entre les intérêts et points de vue de plusieurs acteurs affectés par cette décision de groupe.

3.1 Définitions

D'après Laborie [Lab 06] l'activité de prise de décision collective est « une convergence d'interactions cognitives et visuelles, planifiées, opportunistes. Où des personnes acceptent de se rassembler pour un objectif commun dans une période de temps définie soit au même endroit soit dans des endroits différents dans le but de prendre des décisions ». Cette définition comporte sept dimensions

1. **Le groupe de personnes** définit l'aspect collectif. La décision n'est pas le fait d'un seul individu mais d'un collège aux rôles et objectifs potentiellement différents.
2. **La prise de décision** est l'objectif premier du groupe. Elle constitue l'activité de choix entre plusieurs solutions.
3. **Une convergence d'interactions** souligne la notion de focalisation de l'activité du groupe.
4. **Un objectif commun** pour lequel les acteurs acceptent de se rassembler fait écho aux définitions de la collaboration et de la coordination. Il s'agit du partage de l'objectif

final entre les participants et de la compréhension de leur rôle dans l'atteinte de cet objectif.

5. **Le niveau de formalisation variable (planifiée ou opportuniste):** la définition englobe donc en partie les échanges opportunistes, imprévus et informels.
6. **La dimension temporelle bornée (une période de temps définie)** est primordiale car elle induit un début et une fin à l'activité. Il peut s'agir d'une activité informelle de quelques minutes jusqu'à une activité pouvant prendre plusieurs semaines.
7. **La distribution géographique** des acteurs de la décision se justifie par les réalités organisationnelles. La prise de décision peut ainsi rassembler des acteurs distribués sur un ou plusieurs sites

Marakas [Mar, 99] définit la prise de décision collective comme « une activité conduite par une entité collective composée de deux ou plusieurs individus et caractérisée à la fois en termes de propriétés de l'entité collective et de celles de ses membres individuels. »

Tandis que Jankovic [Jan, 06] définit la décision collective comme « une décision où chaque acteur a des objectifs différents et souvent même conflictuels avec les autres acteurs intervenant dans le processus de prise de décision. »

3.2 Le processus de prise de décision collective

La décision de groupe, prise de décision collective ou décision multi acteurs traite les processus dans lesquels plusieurs acteurs sont impliqués. Elle consiste à discuter des solutions possibles avec un groupe dans le but de déterminer une décision finale [Adl, 10]. Le terme processus de prise de décision fait référence aux états successifs par lesquels passe le groupe pour arriver à la décision [Lab, 06]. Le processus de décision collective traduit le déroulement d'une activité assez complexe pour laquelle il est difficile de trouver une définition consensuelle.

Moore et Feldt dans [Moo et al, 93] propose un processus de décision collective dont les différentes étapes se présentent comme suit.

- Définitions du problème.
- Discussions vérifications du problème.
- Critique et analyse du problème.
- Propositions de solutions au problème.
- Discussion des solutions proposées.
- Sélection de la meilleure solution.
- Mise en œuvre de la solution.
- Réaction à la mise en œuvre.

Pour Smoliar et Sprague [Smo et al, 02] les processus de décision dans les organisations impliquent généralement plusieurs acteurs interagissant les uns avec les autres. Cette interaction implique une communication de l'information ainsi qu'une compréhension partagée par les décideurs impliqués dans ces processus.

Le processus de décision collective peut être défini comme un ensemble de tâches corrélées qui incluent :

- la collecte des informations.
- l'interprétation et l'échange des informations.
- la création et l'identification des scénarios.
- la génération d'alternatives.
- l'évaluation de ces alternatives.
- le choix parmi les alternatives, l'implémentation et le contrôle d'un choix.

Laborie [Lab, 06] propose également un modèle du processus de décision collective qui regroupe les étapes suivantes :

- Compréhension collective du problème.
- Génération de solutions.
- Négociation et confrontation des points de vue.
- Décision.

Durant un processus d'aide à la décision, différents acteurs peuvent être amenés à participer à différents niveaux et/ou à titre varié. Le processus de décision de groupe concerne surtout l'organisateur de la prise de décision (facilitateur, médiateur, ou initiateur) et les experts dans la prise de décision (les participants).

a) Le médiateur (facilitateur ou initiateur)

Facilitateur, médiateur ou initiateur est une composante clé dans le processus de prise de décision de groupe. C'est une entité acceptée par les participants à la réunion [Cla, 93]. Il

- lance et prépare les phases du processus de prise de décision.

- définit la problématique de la décision et organise le groupe de décideurs humains pour le processus de prise de décision.

- diffuse les résultats aux participants à la fin de la session de prise de décision.

Pendant le processus de décision, le facilitateur a la responsabilité principale de faire converger le processus de prise de décision. Il est responsable du processus complet et de son achèvement, à savoir la décision.

b) Participants

Les participants sont des experts qui interviennent dans la session de prise de décision. Ces entités peuvent avoir une perception différente du problème mais doivent joindre leurs efforts pour un but commun où ils doivent intégrer des points de vue multiples qui ne sont pas forcément en harmonie les un avec les autres. Ils doivent travailler ensemble pas forcément au même endroit ni au même moment. Ils sont engagés dans un effort de coordination afin de résoudre un problème donné [Nun, 97].

3.3 Les Systèmes d'aide à la Décision de Groupe

Un système d'aide à la décision de groupe ou un Group Decision Support System (GDSS) peut être vu comme un SAD évolué par le fait qu'il y a plus d'un décideur impliqué dans le processus décisionnel. Il existe une multitude de définitions d'un GDSS parmi les plus populaires

Celle de Desautis et Gallupe [Des et al, 87] qui définissent un GDSS comme « une combinaison d'ordinateurs, de communications et de technologies de décision travaillant en tandem pour fournir une aide à l'identification de problème, à la formulation et à la génération de solutions pendant les réunions de groupe ».

Ou celle d'Huber [Hub, 84] « un GDSS consiste en un ensemble de logiciels, matériels, composants des langages et procédures qui supportent un groupe de gens engagé à une décision collective ».

Le rôle principal d'un GDSS est d'augmenter l'efficacité de groupes de décision. A ce titre, un GDSS peut fournir des niveaux différents d'aide, en incluant la génération d'idées, le partage d'informations, l'analyse de la décision, etc...

4. L'aide Multicritères à la Décision (AMCD)

L'aide à la décision multicritère est un domaine qui connaît depuis un certain nombre d'années une expansion fulgurante. Cette accélération est essentiellement due aux exigences croissantes d'un monde en mutation continue dans lequel la performance devient synonyme de survie et où il est impératif de tenir compte de toutes les facettes d'une alternative dans son évaluation.

4.1 Définitions de l'aide multicritères à la décision (AMCD)

L'aide multi critères à la décision (AMCD) désigne un ensemble d'outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. Elle vise la résolution des problèmes incluant plusieurs alternatives et en considérant plusieurs critères de décision simultanément [Ham, 08]. Il existe plusieurs définitions de l'aide multicritères à la décision.

D'après Vincke [Vin, 89] « L'aide multicritères à la décision vise comme son nom l'indique à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision où plusieurs critères souvent contradictoires doivent être pris en compte, elle permet de modéliser de la manière la plus fidèle possible les préférences d'un expert, une telle modélisation permet ensuite la construction d'outils adaptés et capables d'assister ou de remplacer un décideur sur des problèmes complexes ».

La théorie de la décision multicritères telle que décrite dans [Bel et al ,01] fournit un cadre rigoureux pour conceptualiser la prise de décisions pour lesquelles on considère plusieurs points de vue, potentiellement contradictoires. Cette théorie se retrouve dans la littérature sous plusieurs appellations plus ou moins équivalentes. Ainsi, il serait coutume pour les Américains de parler de Multiple Criteria Decision Making (MCDM), tandis que les Européens auraient plutôt tendance à parler de Multi Criteria Decision Analysis (MCDA).

L'aide multicritères à la décision est un paradigme possédant ses propres approches, modèles et méthodes qui cherchent à aider le décideur, à décrire, évaluer, ranger choisir ou rejeter un ensemble d'alternatives.

4.2 Concepts fondamentaux structurant l'AMCD

Cette section définit les vocables associés à l'analyse multicritère : action, préférence, critère, matrice de performance, pondération, etc...

4.2.1. Les actions (alternatives, solutions)

Désigne une solution envisageable pour la problématique traitée [Roy et al, 93]. Selon la nature des problèmes, les actions appartiennent à un ensemble dénoté par A pouvant se présenter de diverses manières : sites pour une localisation, plans d'aménagement, projets d'investissement, candidat pour une élection etc...

4.2.2 Les critères

Selon Vincke [Vin, 89] un critère est : « une fonction g définie dans A , prenant ses valeurs dans un ensemble totalement ordonné et représentant des préférences du décideur selon un certain point de vue ». Il peut s'agir par exemple du nombre d'hectares de forêts détruits ou le nombre d'habitants gênés par le bruit etc...

Lorsqu'un problème considère plusieurs critères $F=\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ tel que $n \geq 1$, où F est appelé une famille de critères. Dans [Roy et al, 93] les auteurs imposent certains axiomes sur l'ensemble F des critères :

- **Axiome d'Exhaustivité** : il s'agit de ne pas oublier un critère. Le test d'exhaustivité est simple : quand les conséquences de deux actions sont identiques pour l'ensemble des critères en présence, il doit exister une relation d'indifférence entre ces deux actions.
- **Axiome de cohérence** : il doit y avoir une cohérence entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales, ainsi si une action a est égale à une action b pour tous les critères sauf un où elle lui est supérieure, ceci signifie que l'action a est globalement supérieure à l'action b .
- **Axiome d'Indépendance** : il ne doit pas y avoir de redondance entre les critères, leur nombre doit être tel que la suppression d'un des critères ne permet plus de satisfaire les deux conditions précédentes.

4.2.3 La matrice des performances

Connue aussi sous le nom de « matrice d'évaluation » ou de jugement, ou encore « tableau de performance », il s'agit d'une matrice à double entrées dans laquelle chaque ligne représente une action et chaque colonne un critère. L'intersection d'une ligne i avec une colonne j représente le jugement de l'action i par rapport au critère j donc chaque action est jugée par rapport à chacun des critères [Roy et al, 93].

	F_1	F_2	F_j	F_m
a_1	E_{11}	E_{12}	E_{1j}	E_{1m}
a_2	E_{21}	E_{22}	E_{2j}	E_{2m}
.				
a_i	E_{i1}	E_{i2}	E_{ij}	E_{im}
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
a_n	E_{n1}	E_{n2}	E_{nj}	E_{nm}

Table 1.1: Matrice des performances

La formulation multicritère d'un problème de décision peut être définie par le modèle classique (A, F, E) [Ham, 16] où

- A: désigne l'ensemble des actions potentielles envisageables.
- F: est l'ensemble fini des attributs ou critères, généralement conflictuels, à partir desquels les actions seront évaluées.
- E: est l'ensemble des évaluations de performances des actions selon chacun des attributs ou critères, c'est-à-dire l'ensemble des vecteurs de performances, un vecteur par action.

Le modèle classique en aide multicritère à la décision (A, F, E) est ainsi enrichi en introduisant l'ensemble de tous les éléments de modélisation des préférences du (des) décideur(s) (appelé élément M) pour obtenir le modèle (A, F, E, M); où $M=\{\text{seuils de discrimination, seuils de veto, information inter-critères (coefficients d'importance relative, relations d'ordre, etc...), fonctions d'utilité/valeur, comparaisons par paires, fonctions critères, etc.}\}$. Une fois validé, l'homme d'étude met en œuvre des outils d'analyse, comme une Procédure d'agrégation multicritères, analyse de sensibilité, analyse de robustesse afin d'élaborer une ou des recommandation(s).

4.2.4 Paramètres subjectifs

Ce sont des paramètres fixés par le décideur, selon l'application et la situation traitée. Ils peuvent être classés en deux catégories [Roy et al, 93] :

- **Paramètres inter-critères** : ce sont les paramètres utilisés pour évaluer l'importance relative à chaque critère, nous parlons souvent de poids. Il s'agit d'un nombre attribué différemment à chaque critère selon son importance vis-à-vis des autres critères. Cette opération n'est pas aussi facile au décideur, l'homme d'étude l'aide à exprimer clairement son appréciation de l'importance relative à chaque critère. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées à définir les poids nous citons entre autres : la méthode des cartes de SIMOS et la méthode de l'échelle de Saaty [Ham, 08].
- **Paramètre intra-critères** : ils formalisent pour chaque critère l'appréciation subjective de leurs valeurs. Nous distinguons le seuil d'indifférence, le seuil de préférence et le seuil de veto [Ham, 08].

La table suivante (1.2) résume tous les paramètres subjectifs utilisés en analyse multicritères

Paramètre	Symbole	Signification
Poids	P_j	Qualifie l'importance relative d'un critère c_j donné vis-à-vis des autres critères
Seuil de préférence	SP_j	Seuil à partir duquel la différence entre les deux actions est perceptible et fait préférer l'une à l'autre
Seuil de veto	V_j	Permet de fixer une notion supplémentaire, si ce seuil est dépassé sur un critère, alors l'action ne peut être prise en considération. Il définit alors une situation intolérable pour un des décideurs.
Seuil d'indifférence	SI_j	Il s'agit de la plus petite différence significative, en dessous de ce seuil, il est impossible de départager les deux actions

Table 1.2 paramètres subjectifs

4.2.5 Modélisation des préférences

La comparaison des alternatives à partir de leurs conséquences est souvent rendue difficile à cause du manque de précision, de l'incertitude et de la mauvaise détermination de ces conséquences. Afin de palier à ce problème, la notion de critère a été introduite. Les critères permettent de comparer les alternatives entre elles.

Dans [Roy et al, 93] les auteurs proposent quatre situations fondamentales de préférence : l'indifférence, la préférence stricte, la préférence faible et l'incompatibilité. Ces situations sont illustrées par la table 1.3

Situation	Définition	Propriétés de la relation binaire
Indifférence	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre les deux actions.	I : relation symétrique et réflexive.
Préférence stricte	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une préférence significative en faveur de l'une (identifiée) des deux actions.	P:relation asymétrique (irréflexive).
Préférence faible	Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui infirment une préférence stricte en faveur de l'une (identifiée) des deux	Q:relation asymétrique (irréflexive).

	actions mais ces raisons sont insuffisantes pour en déduire soit une préférence stricte en faveur de l'autre soit une indifférence entre ces deux actions (ces raisons ne permettent donc pas d'isoler l'une des deux situations précédentes comme étant la seule appropriée).	
Incomparabilité	Elle correspond à l'absence de raisons claires et positives justifiant l'une des trois situations précédentes.	R relation symétrique irreflexive.

Table 1.3 : Situation des préférences

4.2.6. Procédure d'Agrégation Multicritères (PAMC)

Une procédure d'agrégation multicritères est une règle permettant de transformer le tableau de performances (E) et les éléments de modélisation des préférences locales (importance relative des critères, seuil de préférence, seuil d'indifférence, seuil de veto, etc...), en un ou plusieurs systèmes relationnels de préférences sur un ensemble A des actions. [Vin, 89].

4.2.7. Démarche générale d'une méthode Multicritères

Les problèmes de décision multicritères opèrent habituellement en 4 étapes [Ben, 00]. Les deux premières sont communes pour toutes les méthodes multicritères à l'inverse des deux dernières qui dépendent de la méthode choisie:

-Création d'une liste des actions potentielles

Au cours de cette étape, on établit une liste des actions potentielles qui vont rentrer en concurrence. Cette liste n'est pas exhaustive et définitive. Elle peut évoluer tout au long de l'étude (suppression ou ajout d'actions) [Til, 00].

-Création d'une liste des critères et pondération

Il s'agit d'élaborer la liste des critères à prendre en considération. Un critère peut être plus important qu'un autre. Cette importance relative est exprimée par un nombre appelé poids [Til, 00].

-Calcul de la matrice des performances

N'importe quelle méthode multicritères agit sur la matrice des performances. Il s'agit de juger chaque action par rapport à chacun des critères.

-Agrégation des performances

Pour définir une solution (action) qui fait émerger une préférence commune (qui jouit globalement des meilleures évaluations), les jugements doivent être agrégés. Les méthodes multicritères diffèrent selon leurs façons de traiter cette dernière étape [Til, 00].

4.2.8 Classification des différentes méthodes d'Analyse Multicritères

Les différentes méthodes d'analyse multicritères peuvent être classifiées selon le type de problème qu'elles affrontent ou selon leurs propriétés dans le traitement de la matrice d'évaluation (la méthode d'agrégation) [Joe, 97].

■ Selon la Méthode d'Agrégation Utilisée

- **Agrégation complète** : Dans cette approche d'inspiration américaine, les différents critères sont synthétisés dans une seule fonction mathématique monotone (à sens d'évaluation unique). A partir des évaluations des différents critères, la fonction d'optimisation résultante dite d'utilité ou d'agrégation produit donc une valeur unique évaluant globalement la solution [Ben, 00]. L'approche suppose que tous les jugements soient commensurables et transitifs et exclut toute incomparabilité entre deux actions. Les méthodes relevant de cette approche conviennent bien aux problèmes dont les critères sont indépendants, autrement dit lorsque tous les critères interagissent sur la décision finale. Comme exemple de cette approche on peut citer plusieurs méthodes : MAUT (Multiple Attribute Utility Theory), UTA (Utilité Additives), AHP (Analytic Hierarchy Process), etc... [Cai, 03].
- **Agrégation partielle** : Cette approche repose sur la comparaison des actions deux à deux puis une synthèse des résultats de ces comparaisons (c'est d'ailleurs la façon de synthétiser qui diffère entre les méthodes de cette approche). Elle permet de respecter l'incomparabilité mais au prix de la clarté des résultats. Parmi les méthodes les plus connues d'agrégation partielle. On cite les familles ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) et Prométhée. Les inconvénients de cette approche se résument dans la forme des résultats (Les réponses sont généralement complexes) et le nombre important de comparaisons entre les actions (Pour n actions, il faut effectuer n fois ($n-1$) comparaisons) [Mou, 03].
- **Agrégation locale** : Contrairement aux deux approches précédentes où l'on suppose que l'ensemble des actions est fini et de dimension raisonnable, cette approche s'applique à des ensembles d'actions d'une très grande dimension voire infinis. Partant d'une solution de départ, cette technique permet de chercher au voisinage de cette solution s'il n'y en a pas de meilleure et ce de manière répétitive. Développées dans le cadre de la programmation mathématique aux objectifs multiples, ce type de méthode alterne les étapes de recherches des solutions et les étapes d'interaction avec les décideurs [Ben, 00]. Les principales méthodes d'agrégation locale itératives existantes sont : Plm (programmation linéaire multicritères), Stem (Pop), etc [Sch, 85].

■ Selon la Problématique Traitée

La problématique est la façon dont le problème de décision est posé. Les quatre problématiques de référence selon [Roy et al, 93] sont décrites dans la Table 1.4.

Problématique	Objectifs	Résultat
Alpha	Eclairer la décision par le choix d'un sous ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action, ce sous ensemble contenant de meilleures actions ou, à défaut des actions satisfaisantes.	Un choix ou une procédure de sélection.
Bêta	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies à priori en fonction de normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir.	Un tri ou procédure d'affectation.
Gamma	Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou une partie des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées de façon complète ou partielle, conformément aux préférences.	Un rangement ou procédure de classement.
Delta	Eclairer la décision par une description dans un langage approprié des actions et de leurs conséquences.	Une description ou procédure cognitive.

Table 1.4 : Les quatre problématiques de référence

5. L'aide multicritères à la décision collective

L'aide multicritères à la décision collective désigne une situation faisant intervenir une multitude de critères conflictuels et plusieurs individus aux objectifs, désirs et préférences qui divergent [Zou et al, 12]. Ce cadre de décision multiples acteurs et multiples critères constitue ce qui est connu dans la littérature spécialisée sous le nom de décision multicritères de groupe et se retrouve dans différents champs d'application : les sciences de la gestion des organisations, la gestion des connaissances, la gestion des ressources naturelles, la finance, l'environnement et le d'enveloppement durable, etc...

Dans cette section, nous allons illustrer quelques situations décisionnelles dans un contexte multicritères faisant intervenir plusieurs acteurs (décideurs, intervenants, etc...) et pour lesquelles des supports informatiques d'aide à la décision ont été développés.

Auteurs	Approches et outils utilisés	Domaine d'application
A.P.Tchangani [Tch, 06]	-Identification des alternatives(les unités) les plus satisfaisantes pour le groupe via la théorie des jeux satisfaisants basée sur l'utilisation de deux mesures (sélectionnabilité et rejetabilité).	Benchmarking

	-Le calcul des deux fonctions masses de sélectabilité et rejetabilité se fait à partir - des performances réalisées par les alternatives (unités) dans chaque critère - de l'opinion des acteurs par rapport à l'importance de chaque critère dans la réalisation du « bénéfice » c'est-à-dire la sélectabilité ou dans la réalisation du « coût » c'est-à-dire la rejetabilité - la pondération des critères se fait via la méthode multicritères AHP.	
H.Miniair A.Elfallah Seghrouchni C.Labreuche [Min et al, 07]	- Modélisation des acteurs affectés par la décision de groupe via la technologie agent. - Modélisation des préférences des acteurs grâce à l'intégrale de Choquet. -Définition d'un protocole de négociation multilatérale et multidimensionnel basé sur la médiation permettant de trouver un consensus acceptable pour un groupe d'agents.	Gestion de crises
S.Oufella D.Hamdadou [Ouf et al, 09]	-Modélisation des acteurs impactés par la décision de groupe via le paradigme agent. - Identification des préférences des différents acteurs à l'aide de la méthode multicritères Electre III. - Définition d'un protocole de négociation multilatérale, inspiré du Contract Net Protocol susceptible d'aider les agents (acteurs) à trouver un accord acceptable qui puisse les satisfaire.	Aménagement du territoire
D.Hamdadou, T.Libourel [Ham et al, 11]	-Utilisation d'un protocole de négociation multilatérale combiné à la méthode d'analyse multicritères ELECTRE III pour le choix de la méthode de diagnostic la plus pertinente. - La méthode multicritères Electre III permet de représenter le plus finement possible les préférences des décideurs concernant les méthodes qui leur sont proposées en prenant considération un ensemble de critères conflictuels. - Le protocole proposé permet aux différents décideurs modélisés sous forme d'agents (négociateurs) de trouver un accord	Diagnostic industriel

	acceptable concernant le choix de la meilleure méthode de diagnostique à appliquer.	
I.Igoulalene L.Benyoucef M. Tiwari [Igo et al, 14]	- Utilisation d'une approche hybride basée sur la méthode Topsis et la mesure de possibilité. • L'exploitation de la méthode multicritères Topsis (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) floue pour l'établissement d'un classement des alternatives. • La recherche de consensus se fait via la théorie des possibilités et des ensembles flous qui permet aux décideurs ayant des préférences contradictoires de trouver un consensus sur l'ensemble des alternatives.	Problème de sélection les chaînes logistiques
D.Hamdadou, K.Bouamrane [Ham et al, 16]	-Utilisation simultanée de deux méthodes d'analyse multicritères à savoir la méthode Electre tri et la méthode Electre III. • La méthode Electre tri est exploitée pour la réduction du nombre de ressources (alternatives potentielles) • La méthode Electre III est utilisée pour représenter le plus fidèlement possible les préférences des acteurs. - La modélisation des acteurs sous forme d'agents. - La définition d'un protocole de négociation basé sur la concession monotone permettant de trouver un consensus qui satisfait l'ensemble des décideurs.	Aménagement du territoire

Table 1.5 : Aide multicritères à la décision collective : Travaux connexes

6. Conclusion

Aider à prendre des décisions de manière plus éclairée, tenir compte de facteurs humains, organisationnels et sociaux dans les problèmes de décision, formaliser les préférences des différents acteurs et être capable de faire face à plusieurs points de vue dans le processus décisionnel, gérer les contraintes et exigences de décideurs multiples, etc... sont des sujets qui font tous partie des préoccupations des chercheurs du domaine de l'aide à la décision .

Lorsqu'une situation décisionnelle fait intervenir plusieurs critères conflictuels elle est connue sous la dénomination de décision multicritères. Tandis que lorsqu'elle fait intervenir

plusieurs acteurs qui unissent leurs efforts en vue d'élaborer une recommandation elle est connue sous le nom de décision de groupe.

La négociation est un mécanisme puissant pour la résolution de conflits et la recherche de compromis mutuellement acceptables pour un groupe de personnes. Par ailleurs, la négociation dans un contexte décisionnel multicritères et multi acteurs a été très peu traitée tant sur le plan pratique que théorique.

Depuis quelques années, de nombreux chercheurs ont manifesté un intérêt marqué pour les outils de l'intelligence artificielle et notamment les systèmes multi agents(SMA). L'une des caractéristiques principales des SMA tient à l'interaction entre les différents agents du système qui leurs confèrent un comportement global cohérent et collectif qui se traduit par la coopération, la communication et surtout la négociation.

A travers cette thèse, nous soutenons l'idée que l'intégration de la technologie agent et l'exploitation de la négociation dans un système d'aide à la décision peut apporter de multiples avantages particulièrement en matière de prise de décision collective. Dans cette optique, nous nous intéressons lors du prochain chapitre de plus près au paradigme agent, une attention particulière est portée à la négociation sous toutes ses formes.

Chapitre 2

La Négociation dans les Systèmes Multi Agents (SMA)

Sommaire

1. Introduction	29
2 Agents et Systèmes Multi Agents (SMA).....	30
2.1 Définitions Agents	30
2.2. La typologie des agents.....	30
2.2.1 Les agents réactifs.....	30
2.2.2 Les agents cognitifs.....	31
2.2.3 Les agents hybrides	32
2.2.4 Les agents BDI.....	32
2.3 Définition des systèmes multi agent(SMA).....	34
2.3.1 La Communication entre agents.....	34
2.3.2 Interactions entre agents.....	36
3. La négociation Dans les Systèmes Multi Agents.....	37
3.1 Définitions	38
3.2 Les approches de négociation.....	40
3.2.1 La théorie des jeux.....	40
3.2.2 Les heuristiques.....	41
3.2.3 La négociation par argumentation.....	42
4. Conclusion	45

Chapitre 2

La Négociation dans les Systèmes Multi Agents (SMA)

L'objectif de ce chapitre est de présenter dans un premier temps, les notions d'agents et de Systèmes Multi Agents(SMA). Ces systèmes possèdent des propriétés remarquables qu'il est utile d'aborder dès à présent, afin de mieux appréhender les prochains chapitres.

Dans un second temps, nous abordons la négociation, mécanisme puissant pour gérer le moyen par lequel un groupe d'agents parviennent à un accord sur un sujet donné. Les différentes approches de négociations sont présentées lors de cette section, une attention particulière est réservée à la négociation par argumentation qui constitue le cadre de nos travaux.

1. Introduction

Les systèmes multi agents (SMA) s'ils ne sont pas récents sont actuellement un champ de recherche très actif. Cette discipline est à la connexion de plusieurs domaines en particulier l'intelligence artificielle, les systèmes informatiques distribués et le génie logiciel. C'est une discipline qui s'intéresse aux comportements collectifs produits par les interactions de plusieurs entités autonomes et flexibles appelées agents. Ces interactions tournent autour de la coopération, la coordination ou la négociation entre ces agents.

La négociation a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs dans des domaines aussi variés que la psychologie sociale, la théorie du choix social et l'économie. La négociation est un processus grâce auquel plusieurs parties aboutissent à une décision commune. Cette thématique constitue l'une des problématiques clefs des systèmes multi agents(SMA).

Lors de ce chapitre, nous nous intéressons particulièrement à la négociation dans les SMA. Après avoir présenté le cadre général des agents et des systèmes multi agents, nous introduisons le contexte de la négociation et présentons ses motivations. Les différentes approches de négociation seront passées en revue, une attention particulière est portée à la négociation par argumentation qui constitue le cadre de nos travaux de recherche.

2. Agents et Systèmes Multi Agents (SMA)

Dans la littérature il existe bien sûr plusieurs définitions du terme agent. Certaines proposent de ne pas dissocier l'agent du système multi agents(SMA) et de l'environnement. D'autres réduisent l'agent à un simple processus communicant. Jusqu'à maintenant nous n'avons pas de définition formelle des concepts « Agent » et « Multi agents» qui soit acceptée par tout le monde. Dans ce qui suit nous donnerons quelques définitions proposées autour de ces deux concepts.

2.1 Définition d'agent

Plusieurs travaux ont porté sur la notion d'agent engendrant des définitions aussi riches que variées parmi elles une première définition donnée par Erceau [Erc, 93] «Les agents sont des entités physiques (capteurs, processeurs, etc) ou abstraites (tâches à réaliser, déplacements, etc.), qui sont capables d'agir sur leur environnement et sur elles- mêmes, c'est-à-dire de modifier leur propre comportement. Elles disposent, pour ce faire, d'une représentation partielle de cet environnement et de moyens de perception et de communication ».

Jacque Ferber [Fer, 95] quant à lui définit l'agent comme : « une entité réelle ou virtuelle évoluant dans un environnement capable de le percevoir et d'agir dessus, qui peut communiquer avec d'autres agents, qui exhibe un comportement autonome, lequel peut être vu comme la conséquence de ses interactions avec d'autres agents et des buts qu'il poursuit».

Des définitions anglo-saxonne comme celle de Wooldridge [Woo, 02] sont arrivées beaucoup plus tard et proposent la définition suivante :« An agent is a computer system that is situated in some environment and that is capable of autonomous action in this environment in order to meet its design objectives ».

2.2. La typologie des agents

Les différences qui existent entre les définitions de l'agent ont mené vers des différences dans l'architecture interne de l'agent. Ces architectures peuvent être réparties entre des architectures purement réactives et cognitives. A ces deux typologies s'ajoute l'architecture hybride et BDI (Belief, Desires, Intention) conçues pour résoudre les inconvénients des agents réactifs et cognitifs.

2.2.1 Les agents réactifs

L'approche réactive se base sur le concept d'émergence. Elle avance par ailleurs, l'idée qu'il n'est pas nécessaire que chaque agent soit personnellement « intelligent » pour parvenir à un comportement intelligent de l'ensemble [Woo, 02].

Les agents réactifs sont les plus faciles à concevoir et peuvent être capables d'actions de groupe complexes et coordonnées. Ce type d'agent ne possède pas de représentation symbolique de son environnement, ni de lui-même. L'agent réactif perçoit des stimulus venant de l'environnement qui vont déclencher une action particulière [Woo, 99].

Les architectures purement réactives sont simples et rapides, toutefois elles font l'objet de critiques que Chaib-Draa [Cha et al, 01] formulent ainsi:

- Les agents basent leurs décisions sur des informations locales, il est donc difficile de savoir comment ils peuvent tenir compte d'informations non locales.
- Les agents réactifs offrent peu de mécanismes d'explications et ils ont des difficultés avec les tâches qui nécessitent une connaissance du monde qui ne peut être obtenue que par la mémoire ou le raisonnement et non par la perception. La structure de l'agent réactif est illustrée par la figure (2.1).

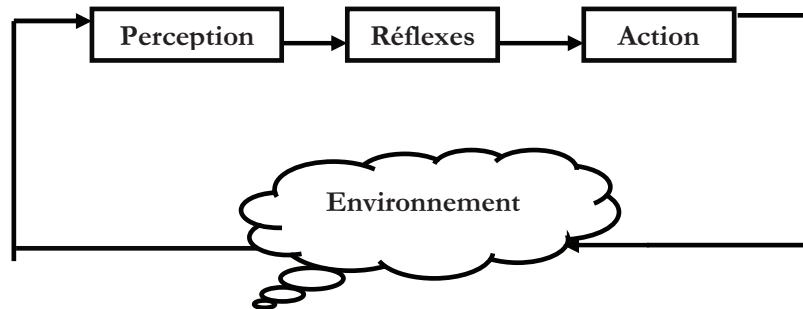


Figure2.1: Structure d'un agent réactif

2.2.2 Les agents cognitifs

C'est un type d'agents plus complexe doté de capacités de raisonnement importantes et disposant d'une représentation de son environnement. Chaque agent est muni d'une base de connaissance comprenant l'ensemble des informations et des savoir-faire nécessaires à la réalisation de sa tâche ainsi qu'à la gestion des interactions avec les autres agents et avec son environnement [Cha et al, 01]. Pour atteindre leurs buts, ces agents sont capables d'échafauder des plans et de coopérer. Ils utilisent l'expérience qu'ils ont acquis pour prendre des décisions, ils suivent le plan qu'ils ont établi jusqu'à son terme avant d'entreprendre une nouvelle tâche. Ils font souvent appel à des modes de communication plus complexes qu'une simple perception [Cha et al, 01], l'agent cognitif est donc intéressant individuellement et collectivement, il reprend les différentes méthodes de l'intelligence artificielle auxquelles vient s'ajouter un comportement social. La structure de l'agent cognitif est illustrée par la figure (2.2).

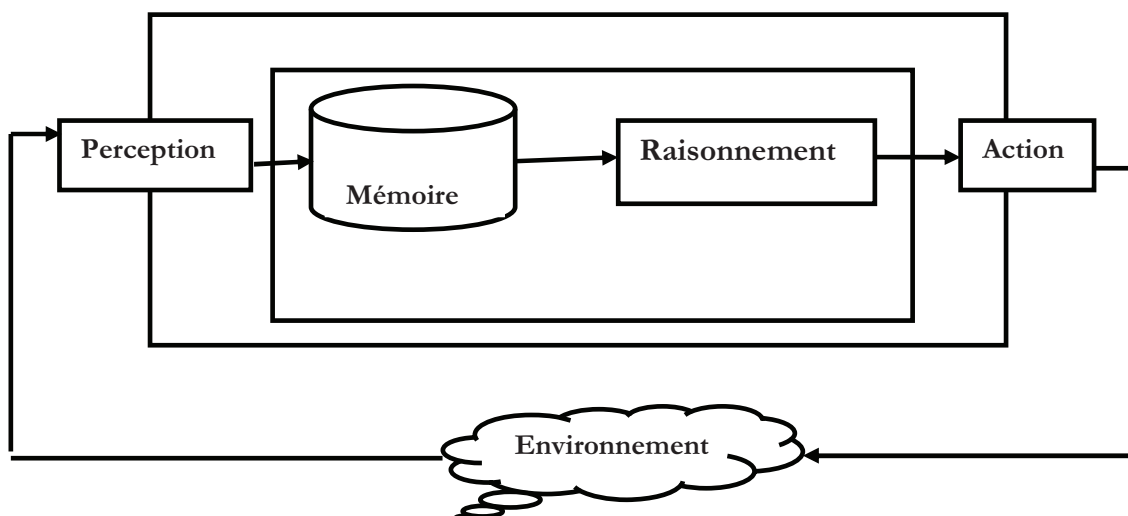


Figure 2.2 : Structure d'un agent cognitif

2.2.3 Les agents hybrides

Les systèmes réactifs pouvaient bien convenir pour certains types de problèmes et moins bien pour d'autres et cela est valable pour les systèmes cognitifs. Par conséquent d'autres chercheurs [Cha et al, 02] ont investigué la possibilité de combiner les deux approches afin d'obtenir des architectures hybrides.

L'architecture hybride est en quelque sorte un compromis entre un agent purement réactif et un agent purement cognitif. Cette vision permet de concilier les capacités intéressantes des deux types d'agents précédents. Dans ce type d'architecture, les agents sont conçus comme étant composés de niveaux hiérarchiques qui interagissent entre eux. Chaque niveau gère un aspect du comportement de l'agent [Cha et al, 02].

- Au plus bas niveau de l'architecture, on retrouve habituellement une couche purement réactive qui prend ses décisions en se basant sur des données brutes en provenance de l'environnement.
- La couche intermédiaire fait abstraction des données brutes et travaille plutôt avec une vision qui se situe au niveau des connaissances de l'environnement.
- La couche supérieure se charge des aspects sociaux de l'environnement, c'est-à-dire du raisonnement tenant compte des autres agents

La structure d'un agent hybride est illustrée par la figure (2.3).

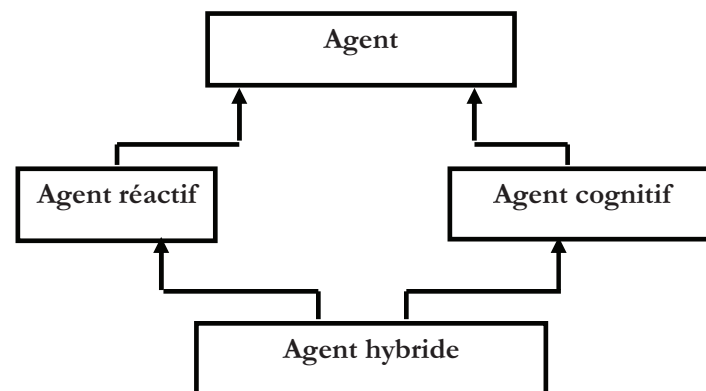


Figure 2.3 : Structure d'un agent hybride

2.2.4 Les agents BDI (Beliefs, Desires and Intentions)

Les agents BDI sont inspirés des travaux relatifs aux raisonnements pragmatiques, c'est-à-dire le processus de décision permettant de sélectionner les actions à effectuer pour atteindre ses objectifs [Cha, 09]. C'est une architecture très répandue, elle est basée sur un raisonnement prenant en compte les états mentaux pour les agents ayant un état mental reposant sur

- **Croyances (Beliefs)** : Les croyances sont des données que l'agent possède en provenance de l'environnement. Elles permettent donc à l'agent de modéliser l'état courant du monde dans lequel il évolue. Des événements antérieurs de l'environnement sont également accumulés pour faciliter le procédé de mise à jour.

Enfin, les croyances représentent tout ce que l'agent perçoit et comprend de son environnement.

- **Désirs (Desires)** : Les désirs représentent les différents états du monde que l'agent souhaite réaliser. Ils représentent donc un ensemble de buts que l'agent aimerait possiblement atteindre.
- **Intentions (Intentions)** : Les intentions sont comparables à des engagements que l'agent prend concernant l'accession à un certain état du monde. Ce choix est effectué parmi ses désirs. Les intentions sont alors des buts que l'agent souhaite réaliser des maintenant. Autrement dit, il s'agit des buts courants de l'agent.

Un agent BDI doit donc mettre à jour ses croyances avec les informations qui lui proviennent de son environnement via la fonction perception, décider quelles options lui sont offertes, filtrer ces options afin de déterminer des nouvelles intentions motivées par les croyances et les désires courants enfin poser ses actions au vu de ses intentions sur l'environnement externe. Cette architecture puissante a pour coût la difficulté de concevoir et implanter un comportement BDI complet [Cha et al, 01]. La structure BDI est illustrée par la figure (2.4).

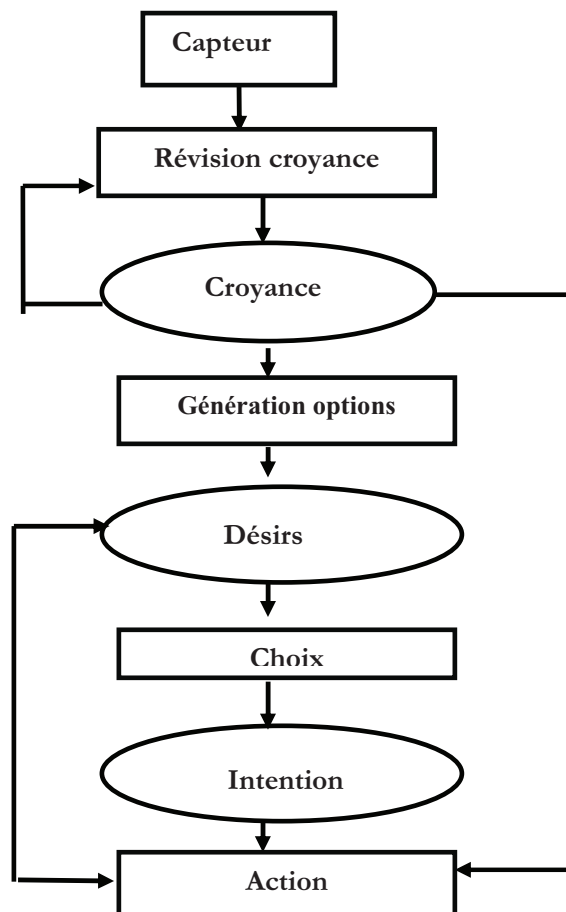


Figure2.4 : Structure d'un agent BDI

2.3 Définitions des Système Multi Agent (SMA)

Comme pour les agents, plusieurs définitions ont été proposées pour les systèmes Multi agents(SMA) nous allons commencer par présenter la définition formelle introduite par Ferber [Fer, 95] qui définit les SMA comme un système composé des éléments suivants :

- Un environnement E , dans notre cas, c'est l'espace où peuvent se déplacer les agents.
- Un ensemble d'objets O . Ces objets sont situés, c'est-à-dire que pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E .
- Un ensemble A d'agents qui sont des objets particuliers représentant les entités actives du système.
- Un ensemble de relations R qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.
- Un ensemble d'opérations OP permettant aux agents de A , de percevoir, produire, consommer, transformer, et manipuler des objets de O . Cela correspond à la capacité des agents de percevoir leur environnement, de manager, etc...

Une autre définition est celle donnée par Wooldridge [Woo et al, 95] qui présente les SMA comme étant « un ensemble d'agents en interaction afin de réaliser leurs buts ou d'accomplir leurs tâches. Les interactions peuvent être directes par l'intermédiaire des communications, comme elles peuvent être indirectes à travers l'action et la perception de l'environnement ».

Le principal problème qui apparaît quand nous considérons une société d'agents est la communication pour exécuter leurs tâches, propager leurs informations et négocier avec les autres agents, etc...

2.3.1 La communication entre agents

La communication entre les agents est un point central de la théorie des SMA. En effet, sans communication entre les agents le comportement global du système ne serait que la somme des comportements individuels.

La littérature présente de nombreux moyens qui permettent aux agents de communiquer [Jar et al, 02]. Nous considérons dans ce qui suit, les plus importants d'entre eux.

- **Les tableaux noirs**

En intelligence artificielle, la technique du tableau noir est très utilisée pour spécifier une mémoire partagée par divers systèmes. Le principe du tableau noir appelé blackboard [Eng et al, 88] est basé sur deux éléments:

1. Un ensemble d'entités qui sont sources de savoir, chacune étant spécialisée dans un type de connaissance.
2. Un espace structuré de partage des données utilisé par les entités pour communiquer. Les entités produisent des informations stockées dans un espace commun appelé le tableau noir. Les agents qui sont concernés par ces informations en prennent possession pour les modifier ou produire de nouvelles informations qui sont à leur tour déposées dans l'espace commun.

Le tableau noir est partitionné en plusieurs niveaux qui sont spécifiques à l'application. Les agents qui travaillent sur un niveau particulier peuvent accéder aux informations contenues

dans le niveau correspondant du tableau noir ainsi que dans des niveaux adjacents. Les données peuvent être synthétisées à n'importe quel niveau et transférées aux niveaux supérieurs alors que les buts de haut niveau peuvent être filtrés et passés aux niveaux inférieurs pour diriger les agents qui œuvrent à ces niveaux [Jar et al, 02]. L'architecture d'un SMA à base de tableau noir est représentée par la figure (2.5).

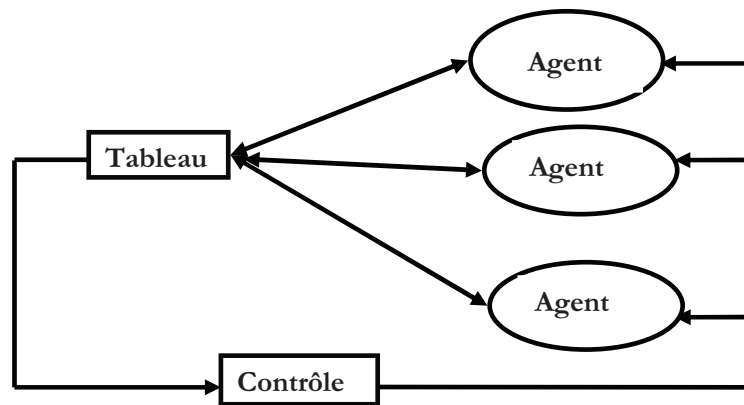


Figure2.5 : Architecture d'un SMA à base d'un tableau noir

- Transfert de plan ou de messages

Dans l'approche de transfert de plans, un agent X communique son plan en totalité à un agent Y qui à son tour lui communique le sien. Cette approche présente plusieurs inconvénients car le transfert de plans est coûteux en ressources de communication et constitue une approche difficile à mettre en œuvre dans des applications réelles [Smi, 80].

Les SMA fondés sur la communication par messages se caractérisent par le fait que chaque agent possède une représentation propre et locale de l'environnement qui l'entoure. Chaque agent va alors interroger les autres agents sur cet environnement ou leur envoyer des informations sur sa propre perception des choses. Les agents doivent pouvoir envoyer et recevoir des messages à travers un réseau de communication, les messages peuvent être de différents types. Les deux types minimaux sont la requête et la réponse [Jar et al ,02]. La communication par envoi de messages est illustrée par la figure (2.6).

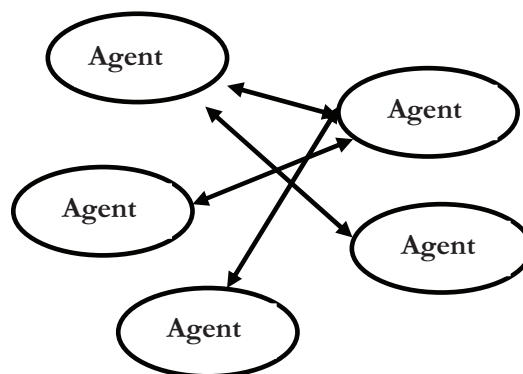


Figure2.6 : Communication par envoi de messages

- **Langages de communication**

Pour qu'un agent puisse interagir avec d'autres agents et réagir à son environnement, il a besoin de langage de communication [Maz, 01]. Dans les SMA, deux protocoles principaux ont été utilisés pour supporter la communication entre agents, le langage de communication KQML et le langage de communication ACL

-Le langage de communication KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)

KQML est un langage issu des travaux de la knowledge sharing effort [Fin, 93]. Il s'agit d'un langage qui vise à définir un ensemble d'actes de langages qui soient standard et utile. Ces actes de langages appelés aussi performatifs, sont utilisés par les agents pour échanger des informations. la forme de base du protocole est [Fin, 93]:

KQML-performative

Sender <word>

Receiver <word>

Language <word>

Ontology <word>

Content <expression> ...

KQML enveloppe un message dans une structure qui peut être comprise par n'importe quel agent. Les langages qui peuvent être utilisés dans un message KQML sont multiples (PROLOG, LISP, SQL etc...).

-Le langage de communication ACL (Agent Communication Language)

Ces dernières années, le langage KQML semble perdre du terrain au profit d'un autre langage plus riche sémantiquement le langage ACL. Mis en avant par la FIPA, ce langage occupe de standardiser les communications entre agents [Maz, 01]. Le but principal de la FIPA est d'offrir un ensemble de spécifications qui permet de favoriser l'interopérabilité entre les agents et les systèmes multi agents.

Le langage ACL est aussi basé sur la théorie des actes de langages et a une syntaxe similaire à KQML. Toutefois, au lieu de définir des performatifs, le langage ACL définit des actes de communications associées à diverses finalités (transmettre et ou demander des informations, distribuer des tâches, gérer un problème,...) [Maz, 01].

Les langages KQML et ACL sont grossièrement similaires. D'un point de vue pratique, KQML commence à faire ses preuves mais la sémantique des actes reste peu formalisée et utilisable potentiellement dans n'importe quel contexte de communications entre agents. ACL a quant à lui été conçu directement avec une sémantique rigoureuse et commence à être de plus en plus utilisé dans des applications réelles de taille relativement importante.

2.3.2 Interactions entre agents

La force du paradigme agent provient de la flexibilité et de la variété des interactions entre les agents. Ces derniers coopèrent, négocient, se coordonnent les uns avec les autres, tant pour poursuivre leurs propres buts que pour atteindre un objectif commun. Jacques Ferber [Fer, 97] propose la définition suivante de l'interaction :

« Une interaction est la mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. Les interactions sont non seulement la conséquence d'actions effectuées par plusieurs agents en même temps, mais aussi l'élément nécessaire à la constitution d'organisations sociales ».

Nous citons ci-dessous les trois principaux modes d'interactions [Hoc, 96] :

a. La Coopération

La coopération est nécessaire quand un agent ne peut pas atteindre ses buts sans l'aide des autres agents. La coopération entre les différents agents est un problème difficile car les agents ont une connaissance plus au moins précise des autres agents du système, mais ils doivent aussi être informés sur les compétences des autres agents et les tâches que ces derniers sont entrain de réaliser [Wer, 98].

b. La Coordination

Pour garantir la cohérence globale d'un SMA, il est nécessaire que les agents coordonnent leur différentes actions. La coordination d'action est l'ensemble des actions supplémentaire qu'il est nécessaire d'accomplir dans un environnement multi agents et qu'un seul agent poursuivant les mêmes buts n'accomplirait pas [Dur et al, 87]. Le but de la coordination est de trouver parmi un ensemble de comportements d'agents qui interagissent une collection de comportements réalisant d'une façon satisfaisante les objectifs les plus importants des agents.

c. La Négociation

Un système multi agents est composé de plusieurs agents. Ces derniers peuvent entrer en conflit pour plusieurs raisons : conflits d'intérêts ou de buts, accès à des ressources ou proposition de plusieurs solutions différentes à un seul problème. Afin de résoudre ces conflits et de trouver une situation qui satisfasse tout le monde, les agents négocient entre eux en faisant des concessions ou en cherchant des alternatives [Pru, 81].

Le processus de négociation est un mécanisme puissant pour gérer le moyen par lequel un groupe d'agents arrive à un accord sur un sujet donné, cette thématique constitue l'une des problématiques clefs des SMA est sera abordée plus en détails lors de la prochaine section.

3. La négociation dans les Systèmes Multi Agents

Dans les systèmes multi agents, lorsque de nombreux agents interagissent des conflits peuvent survenir. Le parvient à un accord au sein d'un groupe d'agent relève d'un processus complexe, chacun ayant des intérêts et des désirs différents voire opposés, il faut alors trouver une solution qui à défaut de satisfaire pleinement chaque membre du groupe convienne à la majorité d'entre eux. La négociation constitue un mécanisme d'interaction puissant permettant de répondre à ces besoins.

3.1. Définitions

Il y a probablement autant de définitions de la négociation que de chercheurs dans ce domaine. L'une des plus basiques et succinctes est formulée par Krauss [Kra, 97] « La négociation se définit comme étant le processus par lequel au moins deux parties avec des motivations, des préférences et des contraintes, qui peuvent être de similaires ou conflictuelles arrivent conjointement à un accord après des échanges plus ou moins structurés et dans des temps plus ou moins longs ».

Ou celle donnée dans [Gut et al, 98] définissant la négociation comme étant un « processus de prise de décision où deux parties ou plus cherchent conjointement un consensus dans un espace de solutions potentielles ».

Enfin, les auteurs dans [Rah et al, 04] proposent la définition suivante « La négociation est une forme d'interaction dans laquelle un groupe d'agents, avec des intérêts conflictuels et un désir de coopérer, essaie d'aboutir à un accord mutuel acceptable sur la division de ressources insuffisantes ».

Tous les chercheurs s'accordent sur la finalité de la négociation à savoir l'aboutissement à un consensus satisfaisant. Mais la négociation est elle-même définie comme un processus et peut être vue comme une boîte noire ayant en entrée un conflit et en sortie un accord, dans le meilleur des cas [Bel, 07]. La recherche sur la négociation consiste donc à étudier les mécanismes de cette boîte noire pour la rendre transparente.

Pour modéliser une négociation dans les systèmes multi agents il faut alors prendre en compte un certain nombre d'aspects [Jen et al, 01] à savoir :

■ **Le langage de négociation** : c'est le langage utilisé par les agents pour échanger des informations pendant la négociation, il est composé d'un ensemble de primitives de communication.

■ **L'objet de négociation** : c'est la gamme de résultats vers laquelle doit tendre la négociation. L'objet de négociation peut contenir un seul attribut (par exemple le prix d'un produit) ou bien plusieurs attributs (par exemple le prix d'un produit, sa qualité, ses délais de livraison, les pénalités encourues en cas de retard, etc...).

■ **Le protocole de négociation** : définit l'ensemble des règles qui gouvernent l'interaction. Il concerne :

- le type de participant possible (les négociateurs et les candidats possibles).
- les états de négociation (exemple : proposition acceptée ou non à la fin de la négociation).
- les actions valides que les négociateurs peuvent engager pour chaque état particulier (les coups qu'ils peuvent réaliser ou jouer, les types de messages qui peuvent être envoyés, par quel agent, pour quel agent et à quel moment, etc.).

Dans la littérature, il existe une multitude de protocoles de négociation. La table suivante résume les plus connus d'entre eux.

Protocole de négociation	Description	Référence
Contract Net Protocol (CNP)	- Développé par Davis et Smith pour la résolution de problèmes distribués. - Met en scène deux types d'agents contractant et gestionnaire. - Permet à un gestionnaire suite à quelques échanges avec un groupe d'agents de retenir les services d'un agent contractant pour l'exécution d'une tâche (contrat). - Le protocole comporte trois étapes 1. L'appel d'offre 2. La soumission de proposition 3. L'attribution de contrat	[Dav et al, 80]
One Step Protocol	- La négociation se déroule en un seul tour - Les agents acceptent la proposition qui maximise le produit de leurs utilités. S'il y a une égalité, ils coordonnent leur effort pour choisir une proposition aléatoirement.	[Wur, 98]
Take it or leave it offer	- Destiné aux formes de négociation très primaires. - Consiste à formuler une proposition qui est à prendre ou à laisser, par le ou les participants. - La négociation se déroule en un seul tour sans contre proposition ni renégociation.	[Ver, 04]
Contract Net Protocol Etendu (CNP)	- Représente une extension du CNP. - Permet une décomposition de tâches en plusieurs sous tâches. - Une tâche peut être accordée ou rejetée temporairement, accordée définitivement ou rejetée définitivement par les agents. - N'est utilisable que dans le cas où les agents ont un but commun et ne l'est plus dès lors, que les agents ont des objectifs conflictuels.	[Aki et al, 04]
Protocole à concession monotone	- Chaque agent propose une offre qui maximise son utilité. Puis itérativement les agents font des compromis jusqu'à arriver à une entente. - Destiné généralement à deux agents, il procède comme suit :	[Woo, 09]

	• Les deux agents font une proposition en termes d'utilité. Si cela les satisfait alors la négociation s'arrête. • Sinon l'un des deux (ou les deux) doit concéder en offrant à l'autre une meilleure utilité (il diminue par conséquent la sienne).	
--	---	--

Table2.1. Aperçu des principaux protocoles de négociation

Le processus de décision : définit le modèle que l'agent utilise pour prendre des décisions pendant la négociation. La partie la plus importante de la prise des décisions dans ce cas est la stratégie de négociation qui permet de déterminer quelle primitive de négociation l'agent doit choisir à un certain moment. Le processus de décision revient à répondre à la question: "Que dois-je faire maintenant? Pour prendre une décision adéquate un agent doit être capable de faire un raisonnement stratégique, notamment raisonner en tenant compte de ce que font/décident les autres agents et s'il parvient à le savoir ou à le supposer, quel est le modèle de décision des autres agents ? [Bel, 07].

3.2 Les approches de négociation

Dans la littérature, il existe trois grandes approches de négociation dans les SMA [Rah et al, 04] qui diffèrent essentiellement dans le principe sous-jacent utilisé pour la modélisation du processus de négociation. En l'occurrence, nous retrouvons les approches basées sur :

- la théorie des jeux,
- les heuristiques, et
- l'argumentation.

3.2.1 La théorie des jeux

La théorie des jeux est une branche de l'économie qui a pour objet l'analyse des comportements rationnels des décideurs (appelés joueurs) en situation d'interaction [Osb et al, 94]. Cette théorie a été largement utilisée pour étudier et traiter des situations de conflits d'intérêt et d'interactions stratégiques entre les agents logiciels en particulier dans la modélisation des négociations entre agents rationnels [San, 02].

La théorie des jeux considère une interaction entre deux agents (ou joueurs) comme un jeu qui se caractérise par des règles de jeu. Ces règles définissent le nombre (au moins deux joueurs) et le rôle des agents (par exemple, actions et stratégies possibles des joueurs) ainsi que les variables qu'un joueur peut contrôler (par exemple, les possibilités de choix) [Rah et al, 03]. Dans ce type de négociation, les agents doivent raisonner de manière stratégique et prendre des décisions en fonction de celles de leurs antagonistes, tout en supposant que ces derniers se comportent de façon à maximiser leur propre bien-être.

Dans ce type négociation, le protocole d'interaction est appelé règles du jeu et il autorise chaque agent à jouer des coups qui lui permettent d'élaborer la meilleure stratégie. Ces coups peuvent être : proposer des offres, les accepter ou les rejeter, etc... [Ros et al, 94].

3.2.2 Les heuristiques

Une heuristique est une règle ou un ensemble de règles utilisées pour prendre une décision. Ces approches sont basées sur des règles empiriques qui essaient de produire de bons résultats plutôt que des résultats optimaux, dans un intervalle de temps raisonnable et à un coût acceptable [Far et al, 02].

Dans ces approches de négociation chaque agent utilise des fonctions heuristiques pour générer des offres et pour évaluer des contre-offres avec l'objectif individuel de maximiser sa propre utilité. Ces heuristiques sont conçues de sorte à représenter la stratégie individuelle des agents pour la négociation et également pour permettre aux agents de converger vers un accord mutuellement acceptable [Far et al, 02].

Dans la littérature, il existe plusieurs propositions de ces méthodes. Certaines utilisent des heuristiques qui manipulent la valeur de l'utilité globale des offres, d'autres utilisent des heuristiques qui cherchent des compromis entre différentes paires attributs/valeurs de l'objet de la négociation sans changer la valeur de l'utilité globale. Enfin, certaines méthodes plus avancées utilisent des heuristiques évoluant dynamiquement qui permettent aux agents d'ajouter ou d'enlever différents attributs de l'objet de la négociation durant leur interaction [Far et al, 02].

Quels sont les inconvénients de ces approches ?

Bien que les approches basées sur la théorie des jeux et les heuristiques aient produit des systèmes de négociation aboutis, de nombreux auteurs ont pointé du doigt un nombre d'inconvénients inhérents aux principes sous-jacents de ces approches [Jen et al, 01] :

- Les deux approches à savoir celle basée sur la théorie de jeux et celle basée sur les heuristiques permettent aux agents uniquement d'échanger des offres et des contre-offres et attendre qu'une proposition acceptable soit faite, sinon quitter la négociation sans trouver un accord.
- Les agents ne peuvent pas échanger des informations sur les offres ou donner les raisons pour lesquelles ils les proposent ou les rejettent. Or, dans une négociation, il est important pour un agent de justifier ses choix (décisions) pour permettre aux autres agents de comprendre ses préférences et donc d'orienter plus efficacement leur recherche mutuelle de compromis en proposant des offres adéquates.

En raison de ces inconvénients, les chercheurs se sont intéressés à une troisième approche, il s'agit de la négociation basée sur l'argumentation qui constitue l'axe de recherche autour duquel s'articulent nos travaux.

3.2.3 La négociation par argumentation

L'argumentation en intelligence artificielle est un processus cognitif qui repose d'abord sur la construction d'arguments puis sur la sélection des arguments les plus acceptables en fonction de leurs interactions [Par et al, 98].

La négociation par argumentation est une approche prometteuse qui permet aux agents, de justifier leurs offres et leurs points de vue, de remettre en question les offres des uns et des autres à travers un échange d'arguments qui leur permettent de s'influencer mutuellement [Syc, 90]. Cette approche offre une grande flexibilité puisqu'il est possible pour les agents d'exprimer leurs réactions quant au rejet ou à l'acceptation des offres proposées, en échangeant des informations explicatives. Par exemple à travers un argument un agent peut donner les raisons précises pour lesquelles il refuse une offre, ce qui peut amener son adversaire à modifier ses prochaines propositions en conséquence. De même, un agent peut influencer l'avis de son adversaire et l'amener à accepter une offre en la soutenant (ou justifiant) par un bon argument.

Sycara [Syc, 90] a souligné l'intérêt de l'argumentation dans les processus de négociation et en particulier la nécessité d'appuyer les offres par des arguments pendant une négociation. En effet, une offre soutenue par un bon argument a une meilleure chance d'être acceptée par un agent et peut également amener un agent à dévoiler ses buts, abandonner certains buts et à réviser ses préférences. Dans cette optique, nous présentons les systèmes **ANA** et **Persuader**, des systèmes de négociation basés sur l'argumentation ayant inspirés de très nombreux auteurs.

- *Le système de négociation basé sur l'argumentation ANA (Agent de Négociation Automatisé)*

Développé par Kraus [Kra et al, 98] le système ANA est l'un des premiers systèmes de négociation basé sur l'argumentation il comporte un ensemble d'agents égo-centrés qui utilisent une méthode de négociation pour essayer de convaincre les autres d'accepter leurs propositions en cas de refus. Dans ce système, les agents sont de type BDI (Belief, désir, intention) et peuvent utiliser différents types d'arguments. Chaque type d'argument est défini par des pré-conditions pour son utilisation, si ces conditions sont satisfaites alors l'agent peut utiliser l'argument. Évidemment, l'agent doit choisir le bon argument parmi les arguments possibles par conséquent il a besoin d'une stratégie pour décider quel argument utiliser [Kra et al, 98].

Les différents types d'arguments utilisés dans le système ANA sont les suivants

- **Appel à une promesse passée** : Le négociateur A rappelle à B une promesse passée concernant l'objet de négociation.
- **Promesse d'une récompense future** : Dans un moment futur, l'agent A doit trouver un désir de l'agent B si possible un désir que A peut effectuer mais que B ne peut pas effectuer.
- **Appel au propre intérêt** : L'agent A croit que la conclusion d'un accord sur l'objet de négociation est dans l'intérêt de B et essaye de le convaincre de cela.

- **Appel à une pratique fréquente** : L'agent A croit que B a refusé la proposition parce que B croit que la proposition de A contredit un de ses buts. Dans ce cas, l'agent A donne à B l'exemple d'une pratique fréquente qui démontre que l'acceptation de la proposition ne contredit pas le but de B.
- **Menace** : Le négociateur A menace de refuser à faire/offrir quelque chose à B ou il menace de faire quelque chose qui contredit les désirs de B.
- **Le système Persuader**

Le système Persuader est un autre système utilisant la négociation par argumentation pour aider à résoudre des conflits de travail entre les syndicats d'une entreprise et la direction [Syc, 89]. Dans ce modèle, trois types d'agents interviennent : un agent médiateur et deux agents opposants. Le médiateur échange des arguments alternativement avec chacune des parties, de façon à modifier les croyances des agents.

Chaque agent opposant possède sa propre fonction d'utilité et chacun d'eux cherche à l'optimiser. Toutefois en cours de négociation ils seront amenés à réduire leurs exigences en termes d'utilité pour faire aboutir la négociation. L'agent médiateur aide à trouver un compromis entre les deux agents décrits précédemment, il propose un compromis initial aux deux opposants, corrige cette proposition en cas de refus et reçoit toutes les justifications de chaque agent associées à une réponse. Ainsi, le médiateur acquiert progressivement une vision de plus en plus complète du système. Il s'arrête dès qu'un premier compromis est obtenu.

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous présentons dans ce qui suit les principaux travaux de recherche portant sur la négociation basée sur l'argumentation.

Auteurs	Travail de recherche	Référence
J.A.Sillince	-L'auteur propose un cadre formel pour la résolution des conflits basé sur l'argumentation. - Dans ce framework, les arguments sont construits par les agents négociateurs qui peuvent adopter des croyances inconsistantes jusqu'à ce que d'autres agents les attaquent au moyen d'arguments plus forts.	[Sil, 94]
S.Parsons C. Sierra N. R. Jennings	-Les auteurs proposent un cadre générique d'argumentation qui permet de simuler le raisonnement interne d'un agent et de supporter la négociation entre agents. - Pour justifier sa position et persuader les autres agents à changer leurs positions, un agent a besoin d'arguments tels utilisés dans le modèle de négociation ANA comme la menace, la récompense et les appels. - Le processus d'argumentation commence par l'échange de propositions, de critique (contre proposition), d'explications (des arguments) qui permettent d'aider un autre agent à	[Par et al, 98]

	trouver une autre suggestion plus acceptable. -Le processus d'argumentation prend fin si une proposition ou une contre proposition est acceptée par toutes les parties.	
F.Sardi, F.Toni P. Torroni	- Le type de négociation étudiée se place dans le cadre de la réallocation de ressources dans des systèmes multi agents où les ressources sont limitées. - Les auteurs proposent un système de négociation basée sur l'argumentation où le raisonnement des agents est formalisé dans une logique basée sur la programmation logique abductive. les éléments essentiels du système de négociation sont le protocole de négociation et les stratégies représentés dans cette logique et considérés comme faisant partie du raisonnement de chaque agent. - Les arguments sont utilisés tout au long du dialogue notamment pour expliquer les raisons du refus d'attribuer une ressource en exhibant l'état de possession de cette ressource ou sa nécessité pour satisfaire un but.	[Sad et al, 02]
L.Amgoud S.Belabes H. Prade	- Les auteurs proposent un cadre formel abstrait et général pour des protocoles de dialogues basés sur l'argumentation. - Les stratégies des agents sont représentées par un modèle de décision basé sur l'argumentation, telles que leur combinaison avec un protocole défini pour la négociation garantissent la terminaison des interactions et de retourner une solution qui soit satisfaisante pour les agents. - Les agents utilisent deux types d'arguments lors de la négociation, des arguments épistémiques construit à partir de leur base de croyance et les arguments de décision, construits à partir de leurs bases de connaissance respectives.	[Amg et al, 06]
P.Pilloti A.Casali	- Les auteurs présentent un modèle de négociation basé sur l'argumentation qui met en scène deux agents coopératifs. - Les agents qui négocient ont des croyances incomplètes sur les autres, de sorte que l'échange d'arguments leur donne des informations qui permettent de mettre à jour leurs croyances. - Afin de formaliser leurs propositions dans un cadre de négociation. Les agents négociateurs sont capables de générer, sélectionner et évaluer les arguments associés à leur proposition.	[Pil et al, 2015]

Table2.2 Négociation par argumentation: Travaux connexes

4. Conclusion

Les systèmes multi agents proposent une approche nouvelle pour le développement de systèmes à plusieurs composantes autonomes pouvant communiquer, coopérer et négocier. La négociation est la principale approche utilisée pour résoudre des conflits dans un SMA. Dans la littérature, trois approches de négociation sont distinguées. Les deux premières approches procèdent par un échange d'offres et de contre-offres jusqu'à trouver celle qui satisfait les agents. Récemment, une troisième approche suggère d'intégrer l'argumentation dans les processus de négociation. L'avantage de l'argumentation est de permettre aux agents, outre d'échanger des offres d'apporter des arguments donc des raisons de croire en elles.

Lors du prochain chapitre nous nous intéressons plus en détails au processus d'argumentation, les principaux systèmes d'argumentation proposés dans la littérature seront passés en revue à leur tête l'incontournable système proposé par Dung [Dun, 95].

Chapitre 3

Théories de l'argumentation

Sommaire

1. Introduction	47
2. Le Processus d'argumentation	48
3. Les éléments de base d'un système d'argumentation.....	49
3.1 Le langage.....	50
3.2 Argument	50
3.2.1 Les type d'arguments.....	51
3.2.2 Représentation d'un argument.....	51
3.2.2.1 L'arbre d'inférences	51
3.2.2.2Une séquence d'inférences.....	53
3.2.2.3Une paire prémisses-conclusion	53
3.3 Interactions entre les arguments.....	54
3.3.1 Interactions de type support.....	54
3.3.2 Interactions de type conflit.....	54
3.3.2.1 La relation réfute.....	55
3.3.2.2 La relation attaque.....	55
3.3.3 Le statut des arguments.....	55
3.3.3.1 L'acceptabilité individuelle	55
3.3.3.2 L'acceptabilité conjointe	55
4. Cadre d'argumentation	56
4.1 Cadre d'argumentation abstrait.....	56
4.2 Cadres d'argumentation à base de valeurs	59
4.3 Cadres d'argumentation à base de préférences.....	60
4.3.1 Cadre d'argumentation à base de préférences basé sur une acceptabilité individuelle.....	60
4.3.2 Cadres d'argumentation à base de préférences basée sur l'acceptabilité conjointe.....	61
4.3.3 Logique argumentative à base de préférences.....	62
5. Négociation et systèmes d'argumentation.....	65
6. Conclusion	66

Chapitre 3

Théorie de l'Argumentation

Lors de ce chapitre nous allons introduire les concepts de base de la théorie de l'argumentation, puis passer en revue une sélection de systèmes argumentatifs développés dans la littérature. Une attention particulière est portée au système d'argumentation proposé par Dung qui a largement inspiré la majorité des systèmes d'argumentation proposés à ce jour.

1. Introduction

L'argumentation est le raisonnement usuellement utilisé par les humains pour défendre ou bien s'opposer à un point de vue. Des éléments censés justifier ou réfuter ce point de vue sont mis en avant par des protagonistes afin de permettre un jugement rationnel.

Devenue très populaire ces dernières années, l'argumentation constitue un champ d'étude important. En plein essor, ce domaine est notamment utilisé dans le domaine juridique [Pra, 97], le domaine médical [Das et al, 96], la négociation entre agents [Syc, 90] et à la prise de décision [Gar et al, 00].

L'argumentation est une composante majeure de l'intelligence artificielle (IA), elle consiste à utiliser les arguments afin de dériver des conclusions basées sur la façon dont ces arguments interagissent. Les arguments et les différents conflits entre arguments mis en jeu dans un processus d'argumentation peuvent être représentés dans ce qu'on appelle un système d'argumentation [Amg et al, 14].

De nombreux systèmes d'argumentation ont été proposés dans la littérature parmi eux le système d'argumentation proposé par Dung [Dun, 95] qui fut une source d'inspiration pour les différents systèmes d'argumentation proposés par la suite.

Lors de ce chapitre, nous introduisons les concepts de base de la théorie de l'argumentation à savoir les notions d'arguments, de relations d'interactions et d'acceptabilité puis nous passons en revue une sélection de systèmes argumentatifs développés dans la littérature à leur tête le fameux système d'argumentation proposé par Minh Dung [Dun, 95] enfin, nous présentons une sélection de travaux ayant exploité les systèmes d'argumentation dans le domaine de la négociation.

2. Le processus d'argumentation

L'argumentation en intelligence artificielle est un processus cognitif qui repose d'abord sur la construction d'arguments puis sur la sélection des arguments les plus acceptables en fonction de leurs interactions [Als et al, 06]. La figure 3.1 présente une architecture générale représentant le processus argumentatif se composant de cinq étapes à savoir, la construction d'arguments qui se fait à partir d'une base de connaissance suivie par l'identification des interactions entre arguments, l'évaluation de l'acceptabilité de différents arguments et enfin l'étape de décision ou la conclusion finale [Srd, 11].

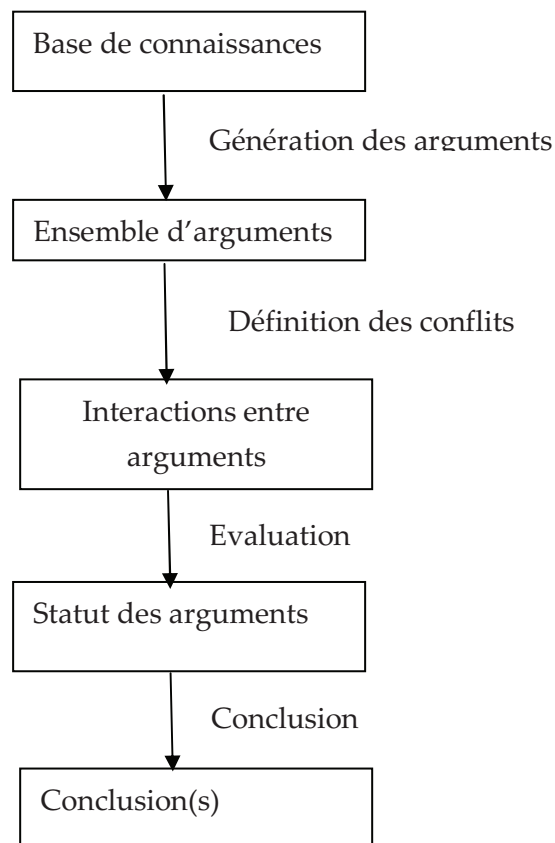


Figure 3.1 Différentes étapes d'un processus argumentatif.

1. Définition des arguments : la notion d'argument fait référence en général aux concepts d'explication, de preuve, de justification. Le but d'un argument est de soutenir des croyances, ou de critiquer un agent afin d'obtenir un certain comportement [Bes et al, 01].

2. Définition des différentes interactions entre arguments : les arguments formés à partir d'une base de connaissances ne peuvent pas être considérés comme indépendants les uns des autres. Il peut exister plusieurs formes d'interactions entre ces arguments. Nous considérons en général deux types principaux d'interactions : les arguments peuvent être en conflit (interaction de contrariété) ou ils peuvent s'aider (interaction de support) [Bes et al, 01].

3. Évaluation des arguments : l'idée de base est d'attribuer un poids à chaque argument. Les différents poids permettent alors de comparer les arguments [Amg et al, 02].

4. Sélection des arguments les plus acceptables : cette sélection peut être réalisée en utilisant les interactions entre arguments et/ou les évaluations de ces arguments. L'ensemble des arguments acceptables peut être vu comme une "sortie" du processus d'argumentation [Dun, 95].

5. Conclure l'argumentation : cette toute dernière phase consiste à utiliser le statut des arguments pour déterminer celui des "conclusions" du système d'argumentation; cela dépend du domaine d'application du système d'argumentation (nous pouvons choisir une décision, effectuer une négociation, etc...) [Bes et al, 01].

3. Les éléments de base d'un système d'argumentation

Dans cette section, nous donnons une esquisse conceptuelle d'un système d'argumentation. Les éléments essentiels sont : un langage logique, une définition de la notion d'argument, de la relation de contrariété entre les arguments et enfin une définition de l'acceptabilité [Amg et al, 02].

Dans la littérature, plusieurs définitions d'un système d'argumentation ont été proposées parmi les plus connues celle de Vreeswijk [Vre, 02] ou encore celle de Dung [Dun, 95] qui sera utilisée tout au long de cette thèse.

Définition3.1

Selon Vreeswijk [Vre, 02] un système d'argumentation est un triplet $\langle L, N, \leq \rangle$ avec :

- L : représente le langage utilisé.
- N représente un ensemble de règles d'inférence données en termes de L . Ces règles définissent les inférences possibles.
- $\leq$ est une relation (réflexive et transitive) de préférence entre les arguments.

Définition3.2

Selon Dung [Dun, 95] un système d'argumentation est un couple $\langle A, R \rangle$, où A est un ensemble d'arguments et R est une relation binaire sur A représentant une relation d'attaque (de contrariété).

Dung [Dun, 95] a défini un cadre général et abstrait d'argumentation qui n'exige pas que l'origine ainsi que la structure d'un argument soient connues. Par ailleurs, d'autres chercheurs ont tenté de modéliser l'argumentation dans un contexte logique, l'objectif principal de ces modèles est donc de trouver une représentation formelle et concrète de la notion d'argument à partir d'un langage logique et d'une relation de déduction logique [Elv et al, 95].

Nous appelons logique argumentative un système d'argumentation caractérisé par deux points cruciaux. D'une part, un ensemble d'arguments ayant une structure définie à l'aide d'un langage logique sous-jacent. D'autre part, un ensemble d'interactions reliant les différents arguments.

3.1 Le langage

La plupart des systèmes d'argumentation sont construits à partir d'un langage logique et d'une relation de conséquence logique. Cette dernière permet de définir la notion d'argument de manière monotone. C'est-à-dire que l'ajout de nouvelles informations ne permet pas d'invalidier un argument, par contre cela peut donner lieu à de nouveaux contrariants pour l'argument. Dans cette section, nous présentons quelques exemples de ces langages.

■ **Langage propositionnel ou Langage du premier ordre:** Certains travaux sur l'argumentation [Sim et al, 92], [Elv et al, 95] utilisent un langage propositionnel ou un langage du premier ordre, tel que la relation de conséquence classique est dénotée par $\vdash$. L'inférence classique vérifie la monotonie et bien d'autres propriétés telles que la réflexivité, la coupure, en plus des propriétés standards des connecteurs logiques ($\wedge, \vee, \neg, \rightarrow$).

■ **Langage de programmation logique :** Prakken et Sartor [Pra et al, 97] utilisent un langage de programmation logique pour définir la notion d'argument. Ils distinguent deux types de négation : une négation faible (correspondant à la négation par échec) et une négation forte (appelée aussi "négation classique" ou "négation explicite").

■ **Le langage de Vreeswijk :** Vreeswijk [Vre, 97] a défini un système d'argumentation autour d'un langage particulier L contenant le symbole $\perp$ représentant la contradiction. En particulier, les formules n'ont pas besoin d'être construites en utilisant les connecteurs logiques $\wedge, \vee, \rightarrow, \neg$ et $\equiv$. A partir de ce langage L , Vreeswijk [Vre, 97] a construit des règles d'inférence qu'il regroupe dans un ensemble N . Ces règles sont de deux types : des règles d'inférence strictes et des règles révisables.

Définition 3.3

Soit L un langage :

1. *Une règle stricte* est une formule $\varphi_1, \dots, \varphi_n \rightarrow \varphi$ où $\varphi_1 \dots \varphi_n$ est une suite finie (pouvant être vide) dans L et φ un élément de L .
2. *Une règle révisable* est une formule ayant la forme $\varphi_1, \dots, \varphi_n \Rightarrow \varphi$ où $\varphi_1 \dots \varphi_n$ est une suite finie (pouvant être vide) dans L et φ un élément de L .

Exemple 3.1

Soit $L = \{p, q, r, s\}$ et N contenant les règles suivantes :

- $r, s \rightarrow p$ et $p, q \rightarrow r$ sont des règles d'inférence strictes.
- $q, r \Rightarrow s$ est une règle d'inférence révisable.

3.2 Argument

L'argument est au cœur du processus argumentatif. Cette notion fait référence en général aux concepts d'explication, de preuve, de justification. Le but d'un argument est ainsi d'appuyer de soutenir une thèse (une proposition, un point de vue, une opinion) en citant des raisons en sa faveur afin de convaincre un adversaire soit pour modifier son opinion ou son jugement soit pour l'inciter à agir d'une certaine manière [Srd, 11].

3.2.1 Les types d'arguments

Dans la littérature, cinq types d'arguments sont distingués : argument explicatif, argument de demande, argument de type menace, argument de type récompense et argument de décision [Srd, 11].

- **Argument explicatif**

L'argument dit explicatif est l'argument souvent utilisé en raisonnement non-monotone pour manipuler l'inconsistance d'une base de connaissances. Il prend une forme déductive de sorte que ses prémisses se constituent uniquement de croyances qui représentent des raisons de croire à sa conclusion pouvant être une croyance ou un but [Srd, 11].

- **Argument de demande**

Il s'agit d'un argument persuasif qui représente une sorte de motivation ou d'incitation à exécuter une certaine action. Il se construit uniquement à partir de croyances, et permet de justifier soit une croyance, soit un but [Kra et al, 98].

- **Argument de type menace**

L'argument de type menace est fréquemment utilisé dans les interactions entre des humains en raison de son caractère persuasif. Cependant, son effet est plus fort que celui d'un argument de demande car il permet d'obliger un individu à exécuter une certaine action sous peine de punition [Kra et al, 98].

- **Argument de type récompense**

L'argument de type récompense est similaire à une menace mis à part le fait qu'il porte un sens positif. En effet, il permet d'inciter un individu à agir d'une certaine façon en échange d'un gain [Kra et al, 98].

- **Argument de décision**

L'argument de décision a été formalisé par Amgoud [Amg et al, 07] dans le cadre des processus de décision sous incertitude. Il fournit une justification pour la sélection d'une alternative parmi les décisions possibles en suivant un certain critère. Un argument de décision tel que défini par Amgoud [Amg et al, 07] se construit à partir de croyances et de buts justifiant la décision considérée.

3.2.2 Représentation d'un argument

Dans un système d'argumentation, un argument est défini à partir d'un langage logique L et d'une relation de conséquence logique. Certains systèmes d'argumentation ne spécifient pas la logique sous-jacente ou du moins le font partiellement. Il existe principalement trois manières de représenter un argument en fonction du langage logique et de certaines règles de construction d'arguments [Bes et al, 01].

3.2.2.1 L'arbre d'inférences

Intuitivement, un argument défini sous forme d'arbre est constitué de prémisses que l'on retrouve aux feuilles de cet arbre et d'une conclusion placée au sommet de ce dernier. Parmi les travaux sur l'argumentation qui ont proposé une définition formelle d'un argument sous forme d'un arbre d'inférences, Vreeswijk [Vre, 97] qui définit un argument H comme soit un

élément du langage soit une formule possédant une conclusion $\text{Conc}(H)$, des prémisses $\text{Prem}(H)$, des propositions $\text{Prop}(H)$, des hypothèses $\text{Hyp}(H)$, des sous-arguments $\text{Sub}(H)$, des arguments top $\text{Top}(H)$, une longueur $\text{Long}(H)$ et une taille $\text{Taille}(H)$. Formellement :

Définition 3.4

Soit L un langage et N un ensemble de règles d'inférence. Un argument H est :

1. Un membre de L .

- $\text{Prem}(H) = \{H\}$
- $\text{Conc}(H) = H$
- $\text{Prop}(H) = \{H\}$
- $\text{Hyp}(H) = \emptyset$
- $\text{Sub}(H) = \{H\}$
- $\text{Top}(H) = \{H\}$
- $\text{Long}(H) = 1$
- $\text{Taille}(H) = 1$

Ou bien

2. Une formule de la forme $H_1, \dots, H_n \rightarrow h$ avec $H_1, \dots, H_n$ une séquence finie d'arguments telle que $\text{Conc}(H_1) = h_1, \dots, \text{Conc}(H_n) = h_n$ et $h_1, \dots, h_n \rightarrow h$ est une règle de N et

$h \notin \text{Prop}(H_1) \cup \dots \cup \text{Prop}(H_n)$.

- $\text{Prem}(H) = \text{Prem}(H_1) \cup \dots \cup \text{Prem}(H_n)$
- $\text{Conc}(H) = h$
- $\text{Prop}(H) = \text{Prop}(H_1) \cup \dots \cup \text{Prop}(H_n) \cup \{h\}$
- $\text{Hyp}(H) = \text{Hyp}(H_1) \cup \dots \cup \text{Hyp}(H_n)$
- $\text{Sub}(H) = \text{Sub}(H_1) \cup \dots \cup \text{Sub}(H_n) \cup \{h\}$
- $\text{Top}(H) = \{d_1, \dots, d_n \rightarrow h / d_1 \in \text{Top}(H_1), \dots, d_n \in \text{Top}(H_n)\} \cup \{h\}$
- $\text{Long}(H) = \max\{\text{Long}(H_1), \dots, \text{Long}(H_n)\} + 1$
- $\text{Taille}(H) = \text{Taille}(H_1) + \dots + \text{Taille}(H_n) + 1$

Ou bien

3. Une formule de la forme $H_1, \dots, H_n \Rightarrow h$ avec $H_1, \dots, H_n$ une séquence finie d'arguments telle que $\text{Conc}(H_1) = h_1, \dots, \text{Conc}(H_n) = h_n$ et $h_1, \dots, h_n \Rightarrow h$ est une règle de N et

$h \notin \text{Prop}(H_1) \cup \dots \cup \text{Prop}(H_n)$. $\text{Hyp}(H) = \text{Hyp}(H_1) \cup \dots \cup \text{Hyp}(H_n) \cup \{h\}$.

Exemple 3.2

Soit $L = \{p, q, r, s\} \cup \{\perp\}$ et $N = \{p \rightarrow q; p, q \rightarrow r; q, r \rightarrow s; r, s \rightarrow p\}$. $H = \{q, r \Rightarrow s\}$ est un argument avec : $\text{Prem}(H) = \{q, r\}$, $\text{Conc}(H) = s$, $\text{Prop}(H) = \{q, r, s\}$, $\text{Hyp}(H) = \{s\}$, $\text{Sub}(H) = \{q, r\} \cup \{q, r \Rightarrow s\}$, $\text{Long}(H) = 2$ et $\text{Taille}(H) = 3$.

3.2.2.2 Une séquence d'inférences

La deuxième manière de définir un argument est de le considérer comme une séquence de règles chaînées entre elles. Cette définition a été essentiellement proposée par Pollock [Pol, 87] et adaptée ensuite par les auteurs dans [Pra et al, 97].

Définition 3.5

Un argument H est une séquence finie $H = [r_1, \dots, r_n]$ de règles sans variables, tel que :

1. Pour chaque i ($0 \leq i \leq n$) pour chaque littéral fort L_j dans l'antécédent de r_i , il existe $k < i$ tel que L_j est le conséquent de r_k ;
2. Il n'existe pas deux règles distinctes dans la séquence qui ont le même conséquent.

Exemple 3.3

Considérons la base de connaissances suivante : $\Sigma \{ \Rightarrow a, \sim a \Rightarrow b, b \Rightarrow a \}$. Soit $H = \{ \sim a \Rightarrow b, b \Rightarrow a \}$. L'argument H , a deux conclusions a et b . Il présente une incohérence ; on fait l'hypothèse $\neg a$ et on conclut a .

Une propriété importante de cette définition d'argument est la non prise en compte des littéraux faibles pour l'activation d'une règle. Par exemple, dans l'argument $H' = \{ \sim a \Rightarrow b, b \Rightarrow a \}$, la règle $\sim a \Rightarrow b$ est activée car son antécédent est une hypothèse. En revanche, l'ensemble $\{ a \Rightarrow b, b \Rightarrow a \}$ n'est pas un argument.

3.2.2.3 Une paire prémisses-conclusion

Une autre manière de définir un argument est de le considérer comme une paire $\langle$ Prémisses, Conclusion $\rangle$. Les prémisses peuvent être considérées comme une preuve pour la conclusion. Cette définition d'argument a été utilisée par Elvang [Elv et al, 93] et Simari [Sim et al, 92] dans le cadre du traitement de l'incohérence dans des bases de connaissances. Les auteurs ont développé des systèmes d'argumentation construits autour d'un langage propositionnel L , ils distinguent deux types de connaissances d'une base Σ : les connaissances sûres regroupées dans un ensemble K qui représente le noyau de la connaissance et les croyances regroupées dans un ensemble E .

De ce fait, une base de connaissances est une paire $\Sigma = (K, E)$. En plus de cette distinction, Simari [Sim et al, 92] partage l'ensemble des connaissances sûres K en deux sous-ensembles : l'ensemble F contenant les faits sûrs et l'ensemble R contenant les règles sûres donc $K = F \cup R$. Dans ce qui suit, nous proposons la définition proposée par Elvang [Elv et al, 93] pour bien illustrer la définition d'argument sous forme de paire $\langle$ Prémisses, Conclusion $\rangle$.

Définition 3.6

Un argument de E dans le contexte K est une paire (H, h) où h est une formule de L et H est une sous-base de E qui satisfait les conditions suivantes :

1. $K \cup H$ est consistant,
2. $K \cup H \vdash h$
3. H est minimal (il n'existe pas de sous-ensemble de H qui satisfait 1 et 2).

H est appelé le support de l'argument et h sa conclusion. H peut être vu comme une explication abductive¹ pour h

Exemple 3.4

Soit Σ une base de connaissances telle que $K = \emptyset$ et $E = \{p, p \rightarrow o, p \rightarrow \neg v, o \rightarrow v\}$ avec la sémantique p : pinguin, o : oiseau, v : vole.

Soit $H = \{p, p \rightarrow o, o \rightarrow v\}$ une sous-base de E . (H, v) est un argument dont le support est H et la conclusion est v. Considérons maintenant la sous-base $H' = \{p, p \rightarrow o, o \rightarrow v, p \rightarrow \neg v\}$. (H', v) n'est pas un argument car H' ne satisfait pas la troisième condition de minimalité.

3.3 Interactions entre les arguments

Les arguments peuvent supporter ou bien être en conflit avec d'autres arguments, ces deux types d'interactions sont présentés dans la section suivante.

3.3.1 Interactions de type support

Le support entre arguments est représenté par une relation binaire sur l'ensemble des arguments. Cette relation est considérée comme une interaction positive du fait qu'un argument peut aider ou soutenir un autre argument. Pour illustrer la relation de support nous considérons la représentation d'arguments sous forme de paires (prémisses, conclusion). Nous rappelons deux définitions de relations de support parmi les plus utilisées [Cay et al, 05] :

Définition 3.7 (Relations de support)

Soient $A_1 = (H_1, h_1)$ et $A_2 = (H_2, h_2)$ deux arguments :

- A_1 supporte A_2 au niveau des hypothèses si et seulement si $H_1 \cup H_2$ est consistant et $\exists h \in H_2$ tel que $h \equiv h_1$.
- A_1 supporte A_2 au niveau de la conclusion si et seulement si $H_1 \cup H_2$ est consistant et $h_2 \equiv h_1$.

La plupart des systèmes d'argumentation sont définis à partir d'une notion de conflit et ignorent la notion de support. L'idée du support entre arguments est différente de la notion de défense introduite dans [Dun, 95] que nous aborderons dans une section ultérieure de ce chapitre.

3.3.2 Interactions de type conflit

La notion de contrariété entre arguments est une composante essentielle à tout système argumentatif puisqu'elle est un premier pas vers l'appréciation de la qualité d'un argument. Plusieurs relations de contrariété ont été définies dans la littérature. Cependant, deux relations sont particulièrement cruciales, il s'agit de la réfutation et de l'attaque.

¹ L'abduction est un raisonnement de l'intelligence artificielle ayant des applications dans plusieurs domaines tels que le diagnostic, la compréhension du langage naturel, le raisonnement non-monotone, la planification, l'assimilation de connaissances, la révision de croyances

Le conflit entre arguments est considéré comme une interaction négative représentée sous la forme d'une relation binaire sur l'ensemble des arguments [Sim et al, 92].

3.3.2.1 La relation réfute

La réfutation est le type le plus simple de conflit entre arguments, elle représente le cas où deux arguments soutiennent des conclusions contradictoires. La plupart des systèmes d'argumentation qui ont été développés dans la littérature [Pol, 92], [Sim et al, 92], [Elv et al, 93] ont utilisé cette relation de contrariété. Cette forme de conflit est symétrique et chacun des deux arguments est dit réfuter l'autre.

Définition 3.8 (Conflit réfutant)

Soient (H_1, h_1) , (H_2, h_2) deux arguments, (H_1, h_1) réfute (H_2, h_2) si et seulement si $h_1 \equiv \neg h_2$.

3.3.2.2 La relation attaque

La deuxième manière de contrarier un argument consiste à nier un élément ou une prémisse de l'argument. L'attaque n'affecte pas directement la conclusion de l'argument. Autrement dit, un argument attaqué n'est pas forcément réfuté. Initialement introduit dans [Pol, 74] sous le nom anglais undercut, la relation « attaque » n'est pas symétrique contrairement à la réfutation [Elv et al, 93].

Définition 3.9 (Conflit attaquant)

Soient (H_1, h_1) , (H_2, h_2) deux arguments, (H_1, h_1) attaque (H_2, h_2) si et seulement si $\exists h \in H_2$ tel que $h_1 \equiv \neg h$.

3.3.3 Le statut des arguments

Après avoir dégagé toutes sortes d'interactions inter-arguments, il est nécessaire d'attribuer un statut d'acceptabilité à chaque argument présent dans le système. Le statut d'un argument dépend de l'ensemble de ses interactions avec les autres arguments. La prise en compte d'interactions entre les arguments permet d'affecter un statut à une conclusion supportée par l'argument. Dans la littérature, deux types d'acceptabilité ont été distingués : l'acceptabilité individuelle et l'acceptabilité conjointe [Amg et al, 02].

3.3.3.1 L'acceptabilité individuelle

Elle consiste à attribuer un niveau d'acceptabilité à chaque argument en fonction de l'existence de contrariants directs. L'idée est d'accepter les arguments non contrariés et aussi quelques arguments qui sont contrariés à condition que ces arguments se défendent seuls contre leur contrariants. Les arguments ayant le même degré sont regroupés dans un seul ensemble appelé classe d'acceptabilité. Ce concept de classe a été défini dans [Elv et al, 95] et repris dans [Amg et al, 97].

3.3.3.2 L'acceptabilité conjointe

L'idée de Dung [Dun, 95] est qu'un argument est acceptable pour un agent rationnel s'il peut le défendre contre tout conflit. Ainsi, l'ensemble de tous les arguments acceptés par un tel agent est un ensemble d'arguments qui se défend contre tout conflit. Ce concept de défense

entre les arguments permet d'identifier des ensembles d'arguments qui sont acceptables collectivement d'où la notion d'acceptabilité conjointe.

Plusieurs formalisations de la théorie de l'argumentation ont été proposées dans la littérature, ces derniers peuvent varier d'un niveau de représentation naïf de concept d'argument où un argument est simplement une entité abstraite dont aucune information n'est fournie sur la structure logique interne [Dun, 95], à un niveau plus complexe où les connaissances et les mécanismes d'inférence sont pris en compte pour la construction d'arguments. Certains travaux adoptent une acceptabilité individuelle tandis, que d'autres adoptent une acceptabilité conjointe basée sur l'existence de défenseurs tel que définit par Dung [Dun, 95].

La littérature associée à l'argumentation regorge de systèmes argumentatifs qu'ils soient abstraits ou logiques. L'objectif de la section suivante n'est pas de présenter de manière exhaustive tous les systèmes existants mais plutôt de proposer une sélection de systèmes considérés comme des « piliers » de l'argumentation.

4. Cadre d'argumentation

Un cadre d'argumentation est une modélisation du raisonnement dans lequel des arguments sont comparés et évalués à l'aide d'une relation de contrariété. Dung [Dun, 95] est le premier à avoir introduit ces notions.

Lors de cette section, nous présenterons en détails le système d'argumentation proposé par Dung [Dun, 95]. Ce système représente un cadre général et abstrait sur lequel se basent la plupart des approches de raisonnement non-monotone. Nous présenterons également dans la même section le système d'argumentation proposé par Amgoud [Amg et al, 02] et celui proposé par Bench-Capon [Ben, 03] qui représentent une extension du système de Dung [Dung, 95].

4.1 Cadre d'argumentation abstrait

La théorie d'argumentation de Dung [Dun, 95] est basée sur la notion de système d'argumentation. Ce système prend en entrée un ensemble d'arguments (croyances d'un agent par exemple) et une relation binaire qui exprime une notion de contrariété (et plus particulièrement d'attaque) entre arguments afin de retourner des ensembles de « bons » arguments appelés extensions. Dans son système abstrait, Dung [Dun, 95] ignore les deux premières étapes du processus argumentatif, à savoir la génération d'arguments et l'identification de la nature de conflit entre ces derniers. Il ne s'intéresse donc ni à l'origine de l'argument ni à sa structure logique interne.

Définition 3.10 système d'argumentation abstrait (Dung)

Un système d'argumentation(AF) est un couple $\langle A, R \rangle$ où :

- A est un ensemble fini d'arguments
- R est une relation binaire sur A représentant une relation d'attaque (ou de contrariété).

Soit deux arguments $a_i, a_j \in A$, la notation $R(a_i, a_j)$ ou $(a_i, a_j) \in R$ signifie que a_j est attaqué par a_i .

Un système d'argumentation peut être représenté très simplement par un graphe orienté dont les nœuds sont les arguments et les arcs correspondent aux éléments de la relation de contrariété. La notation AF se rapporte à l'appellation anglaise du terme « Argumentation Framework ».

L'objectif principal d'un système d'argumentation est de déterminer l'ensemble des arguments acceptables pour ce système. À cet effet, Dung [Dun, 95] propose une sémantique pour l'acceptabilité des arguments dans un système d'argumentation. L'ensemble des arguments acceptables appelé extension doit respecter quelques propriétés de base que Dung [Dun, 95] définit comme suit :

Définition 3.11 [libre de conflit-Acceptabilité-Admissibilité]

Soient un système d'argumentation $\langle A, R \rangle$, $S \subseteq A$ un ensemble d'arguments et $a \in A$ un argument.

1. S est **libre de conflit (sans conflit)** si et seulement si $\forall a_i, a_j \in S : \neg R(a_i, a_j)$;
2. a est **acceptable** vis à vis de S si et seulement si $\forall a_i \in A : (a_i, a) \in R \Rightarrow \exists a_j \in S, (a_j, a_i) \in R$, a_j est appelé le défenseur de a .
3. S libre de conflit est **admissible** si et seulement si $\forall a_i \in S, a_i$ est acceptable

Dans ce contexte, un ensemble d'arguments S est dit libre de conflit (sans conflit) si les arguments de S ne s'attaquent pas. Par ailleurs, un argument est dit acceptable s'il peut être soutenu malgré les attaques de ses contre-arguments. Tandis que l'ensemble des arguments acceptables dont la validité n'est pas remise en cause est dit admissible pour un agent à la condition que cet ensemble soit libre de conflit [Dun, 95].

Dung [Dun, 95] introduit une notion capable de relier et d'engendrer des ensembles variés d'arguments qualifiés d'extensions d'argument. L'acceptabilité se révèle être fondamentale dans le système de Dung [Dun, 95] puisque les différentes extensions peuvent être définies en utilisant cette notion. Dans cette optique, les différentes extensions proposées par Dung [Dun, 95] sont passées en revue.

- **Extensions préférées**

Le principe d'une extension préférée pour un agent est le fait qu'il accepte tous les arguments qu'il peut défendre et que cet ensemble d'arguments soit maximal pour l'inclusion [Dun, 95].

Définition 3.12 (Extension préférée)

$S \subseteq A$ est une extension préférée d'un système d'argumentation (AF) si et seulement si, S est un ensemble admissible maximal pour l'inclusion ensembliste. Notons que pour chaque système d'argumentation il existe au moins une extension préférée. L'ensemble des extensions préférées pour un système d'argumentation AF sera noté $\epsilon_{\text{pref}}(\text{AF})$ [Dun, 95].

- **Extensions stables**

Le raisonnement argumentatif est basé sur une notion de stabilité des arguments acceptés par rapport aux arguments qui les contrarient. Autrement dit, un ensemble d'arguments est stable si tout argument qui n'est pas dans l'ensemble est contrarié par un argument de cet ensemble.

Définition 3.13 (Extension stable)

Soient un système d'argumentation $\langle A, R \rangle$ et $S \subseteq A$, un ensemble d'arguments S est une extension stable si et seulement si, S est sans conflit et S contrarie tout argument de A/S .

L'ensemble des extensions stables pour un système d'argumentation AF sera noté $\mathcal{E}_{sta}(AF)$ [Dun, 95].

- **Extensions complètes**

Le principe d'une extension complète est le suivant : un agent rationnel défend les arguments qu'il accepte et il accepte tous les arguments qu'il peut défendre. Cette extension diffère de l'extension préférée par le fait qu'elle accepte tous les arguments qu'elle peut défendre. Cette dernière est calculée d'une manière élégante par une théorie de point fixe.

Dung [Dun, 95] a montré que la notion de point fixe permet de caractériser les extensions complètes. Pour cela, il introduit la fonction caractéristique d'un système d'argumentation [Dun, 95].

Définition 3.14 (Fonction caractéristique)

La fonction caractéristique, notée F d'un système d'argumentation AF est définie par $F : 2^A \rightarrow 2^A$

$F(S) = \{a \mid a \text{ est acceptable par rapport à } S\}$

Dung montre qu'un ensemble d'arguments S est admissible si et seulement si $S \subseteq F(S)$.

Définition 3.15 (Extension complète)

Un ensemble d'arguments admissible S est une extension complète notée $\mathcal{E}_{comp}(AF)$, si et seulement si S est sans conflit et $S = F(S)$

- **Extensions de base**

L'extension de base vient affiner la sémantique complète, en insistant sur un aspect d'incontestabilité dans le choix de l'ensemble d'arguments. Le principe d'une extension de base pour un agent est le fait de retenir en premier lieu l'ensemble des arguments non attaqués et qu'il accepte ensuite tous les arguments défendus par ceux-ci et cela jusqu'à ne plus pouvoir accepter de nouveaux arguments. A la différence de toutes les autres, il ne peut exister qu'une seule extension de base [Dun, 95].

Définition 3.16 (Extension de base)

L'extension de base d'un système d'argumentation AF , notée $\mathcal{E}_{gr}(AF)$, est le plus petit point fixe de F .

Exemple 3.5 (Calcul d'extensions)

Soient un système d'argumentation $AF \langle A, R \rangle$, avec $A = \{a, b, c, d, e, f, g\}$ et $R = \{(a, b), (b, c), (c, d), (d, c), (d, e), (e, f), (f, g), (g, e)\}$. Déterminons les extensions pour chaque sémantique de ce système d'argumentation.

Extensions préférées : $\mathcal{E}_{\text{pref}}(\text{AF}) = \{\{a,c\}, \{a,d,f\}\}$

Extensions stables : $\mathcal{E}_{\text{sta}}(\text{AF}) = \{\{a, d, f\}\}$

Extensions de base : $\mathcal{E}_{\text{gr}}(\text{AF}) = \{\{a\}\}$

Extensions complètes : $\mathcal{E}_{\text{comp}}(\text{AF}) = \{\{a\}, \{a,c\}, \{a,d,f\}\}$

Dung [Dun, 95] considère tous les arguments présents comme ayant la même force. Cette hypothèse semble souvent inadéquate puisqu'il semblerait naturel de considérer un argument comme construit à partir de plusieurs informations, certaines pouvant apparaître avec plus ou moins de poids par rapport à d'autres. La prise en compte des préférences entre les arguments constitue l'objectif des travaux présentés dans la section suivante.

4.2 Cadres d'argumentation à base de valeurs

Trevor Bench-Capon [Ben, 03] étend le système d'argumentation proposé par Dung [Dun, 95] dans le but de doter les arguments de valeurs qui permettent de les classer dans des catégories appelés audiences.

Bench-Capon [Ben, 03] soutient l'idée que la force d'un argument dépend de la valeur qu'il promeut. L'auteur induit une priorité entre arguments à l'aide d'une préférence entre les valeurs promues par ces derniers. Chaque argument promeut au plus une seule valeur, un argument est implicitement préféré à un autre si la valeur promue par le premier est préféré à la valeur promue par le second. Les audiences diffèrent les unes des autres par les valeurs des préférences affectées aux arguments permettant ainsi de juger de leur validité, par conséquent chaque audience correspond à une classe d'acceptabilité.

Un système d'argumentation à base de valeurs [Ben, 03] est défini comme suit :

Définition 3.17 (Système d'argumentation à base de valeurs)

Un système d'argumentation à base de valeur est un quintuplet $\langle A, R, V, \text{Val}, P \rangle$ avec :

- A est un ensemble fini d'arguments.
- R est une relation binaire sur A représentant une relation de contrariété.
- V un ensemble fini et non vide de valeurs.
- $\text{Val} : A \rightarrow V$ une fonction qui met en relations les arguments et les valeurs.
- P l'ensemble des audiences possibles.

Définition 3.18 (système d'argumentation spécifique à une audience)

Un système d'argumentation spécifique à une audience est un 6-tuplet $\langle A, R, V, \text{Val}, P, <_{\alpha} \rangle$ où $\alpha \in P$, tels que

- $\langle A, R, V, \text{Val}, P \rangle$ un système d'argumentation à base de valeurs.
- $<_{\alpha}$ une relation d'ordre dépendante de l'audience α entre les valeurs de l'ensemble V .
- $\text{Val} : A \rightarrow V$ une fonction qui met en relations les arguments et les valeurs.
- P l'ensemble des audiences possibles.

À partir de cette définition, le succès d'une attaque sera redéfini de la manière suivante [Ben, 03].

Définition3.19 (Relation défaite spécifique à une audience)

Soient $\langle A, R, V, \text{val}, P, \prec_a \rangle$ un système d'argumentation spécifique à une audience α et $a_i, a_j \in A$ deux arguments.

a_i défait a_j selon l'audience α (noté $\text{défait}_\alpha(a_i, a_j)$) si et seulement si on a $R(a_i, a_j) \wedge \neg(\text{val}(a_j) \prec_a \text{val}(a_i))$.

En conséquence de cette nouvelle définition de la relation de contrariété « *défait* ». Les notions d'ensemble sans conflit, acceptable et admissible seront modifiées de la manière suivante :

Définition3.20 [Libre de conflit-Acceptabilité-Admissibilité]

Soient $\langle A, R, V, \text{val}, P, \prec_a \rangle$ système d'argumentation spécifique à une audience est un 6- tuple

1. S est **libre de conflit** selon l'audience α si et seulement si $\forall a_i, a_j \in S : \neg \text{défait}_\alpha(a_i, a_j)$;
2. a est **acceptable** selon l'audience α vis à vis de S si et seulement si $\forall a_i \in A : R(a_i, a) \Rightarrow \exists a_j \in S, \text{défait}_\alpha(a_j, a_i)$
3. S est **admissible** selon l'audience α si et seulement si S est sans conflit $\forall a \in S, a$ est acceptable.

Les sémantiques d'acceptabilité de Dung sont ensuite appliquées au système associé à VAF(Value-based Argumentation Framework) pour évaluer les arguments[Dun, 95].

4.3 Cadres d'argumentation à base de préférences

Les cadres d'argumentation à base de préférences introduits par Amgoud [Amg et al, 98] combinent deux relations différentes dans la définition d'un système d'argumentation : une relation d'attaque à laquelle s'ajoute une relation de préférence permettant de comparer les différents arguments. Dans ces travaux, Amgoud [Amg et al, 97] [Amg et al, 02] propose deux systèmes d'argumentation. Le premier utilise une acceptabilité individuelle pour déterminer le statut d'un argument tandis que le second système étend le premier et utilise une acceptabilité conjointe [Dun, 95].

4.3.1 Cadre d'argumentation à base de préférences basé sur une acceptabilité individuelle

Le premier système proposé par Amgoud [Amg et al, 97] est un système abstrait donc ni la notion d'argument ni le type de contrariété ne sont connus. Dans ce cadre un système d'argumentation est défini comme suit :

Définition3.21 (Système d'argumentation à base de préférences)

- Un système d'argumentation à base de préférences est un triplet $\langle A, R, \text{Pref} \rangle$ avec
- A est un ensemble fini d'arguments.
- R est une relation binaire sur A représentant une relation de contrariété.
- Pref : une relation de préférences, c'est à dire une relation d'ordre strict sur A ,
($\text{Pref} \subset A \times A$)

la notation $\text{pref}(a_i, a_j)$ signifie que l'argument a_i est préfère à l'argument a_j .

Définition 3.22 (notion défense individuelle)

Soit $\langle A, R, \text{Pref} \rangle$ un système d'argumentation basé sur les préférences.

Soit $a_i, a_j \in A$, l'argument a_i se défend seul contre a_j si et seulement si $a_j R a_i$ et $\text{pref}(a_i, a_j)$.

Un argument se défend seul, s'il est préféré selon la relation Pref à tous ses contrariants.

Définition 3.23 (statut des arguments)

Soit $\langle A, R, \text{Pref} \rangle$ un système d'argumentation basé sur les préférences. La classe des arguments acceptables dénotée par $CA_{R, \text{Pref}}$ est l'ensemble $\{ a_i \in A \mid \forall a_j \in A \text{ si } a_j R a_i \text{ alors } \text{Pref}(a_i, a_j) \}$.

Le statut des arguments est défini en se servant à la fois des relations de contrariété et des relations de préférence. Les arguments acceptables sont ceux qui ne sont pas contrariés et ceux qui se défendent seuls contre leurs contrariants.

Dans un premier temps, Amgoud [Amg et al, 97] définit un système d'argumentation utilisant une acceptabilité individuelle dans lequel un argument est jugé acceptable s'il est préféré à ses contrariants. Cependant, elle constate que la prise en compte d'une notion plus globale de l'acceptabilité telle que introduite par Dung [Dung, 95] pourrait enrichir son système qui désormais considèrera un argument comme étant acceptable s'il est défendu par d'autres arguments contre ses contrariants.

4.3.2 Cadres d'argumentation à base de préférences basée sur l'acceptabilité conjointe

Le cadre d'argumentation à base de préférences introduit par Amgoud [Amg et al, 98] reconsidère l'acceptabilité des arguments proposée par Dung [Dun, 95]. Désormais l'acceptabilité d'un argument ne dépend plus uniquement des arguments qui le défendent mais également de la force de ces arguments. Amgoud [Amg et al, 98] a emprunté à Dung sa notion de défense qu'elle modifie en prenant en considération la relation de préférence, elle redéfinit la relation de contrariété qui sera désormais appelée relation de défaite

Définition 3.24 (relation Défaite)

Soient $\langle A, R, \text{pref} \rangle$ un système d'argumentation à base de préférences et $a_i, a_j \in A$ deux arguments. a_i défait a_j (noté défait (a_i, a_j)), si et seulement si : $R(a_i, a_j)$ et $\neg \text{pref}(a_i, a_j)$.

Du fait que l'attaque n'est plus garantie et que son succès dépend désormais de la relation de préférence, les définitions libres de conflit-Acceptabilité-Admissibilité ont été redéfinies comme suit [Amg et al, 98].

Définition 3.25 [libre de conflit-Acceptabilité-Admissibilité]

Soient un PAF (Preference Argumentation Framework) $\langle A, R, \text{pref} \rangle$ un système d'argumentation à base de préférence, $S \subseteq A$ un ensemble d'arguments et $a \in A$ un argument.

1. S est **libre de conflit** si et seulement si $\forall a_i, a_j \in S : \neg \text{defait}(a_i, a_j)$;
2. a est **acceptable** vis à vis de S si et seulement si $\forall a_i \in A : R(a_i, a) \Rightarrow \exists a_j \in S, \text{defait}(a_i, a_j)$
3. S libre de conflit est **admissible** si et seulement si $\forall a_i \in S, a_i$ est acceptable.

Les sémantiques d'acceptabilité de Dung [Dun, 95] sont ensuite appliquées au système associé à PAF (Preferences-based Argumentation Framework) pour évaluer ses arguments.

Les différents cadres proposés dans cette section considèrent les arguments comme des entités abstraites tel que ni l'origine ni la structure des arguments n'est connues. Cependant plusieurs chercheurs ont essayé de modéliser l'argumentation dans un contexte logique. L'objectif principal de ces modèles est donc de trouver une représentation formelle et concrète de la notion d'argument à partir d'un langage logique [Amg et al, 14].

Amgoud [Amg et al, 02] instancie le système d'argumentation à base de préférences présenté dans la section 4.3.2, en définissant la structure des arguments et les relations d'attaques et de préférences qui les relient.

4.3.3 Logique argumentative à base de préférences

Dans son nouveau modèle Amgoud [Amg et al, 02] utilise la notion d'argument proposée dans [Elv ,93]. Un argument est ainsi défini comme une paire (H, h) construit à partir d'une base de connaissances(KB), tel que

- H est le support de l'argument tandis que h est sa conclusion.
- Les arguments générés à partir de la base de connaissance sont susceptibles d'être en conflit. La relation de contrariété présentée par Amgoud [Amg et al, 02] est définie comme suit :

Définition3.26 (relation sape)

Soient a_i et a_j deux arguments de $A(KB)$. a_i sape a_j , si et seulement si $\exists h \in \text{support}(a_j)$ tel que $h \equiv \neg \text{conclusion}(a_i)$, on note alors $\text{sape}(a_i, a_j)$.

Un argument est sapé si l'un des éléments de son support est nié par un autre argument.

Le système d'argumentation proposé par Amgoud [Amg et al, 02] est basé non seulement sur la relation d'attaque mais également sur une relation de préférence. A cet effet, la base de connaissance est munie d'une relation d'ordre (partiel ou total) strict.

Amgoud[Amg et al,02] considère la base de connaissances KB comme une union d'ensembles disjoints $KB^1, KB^2, \dots, KB^n$ ordonnés selon une relation de priorité $\ll$.

Définition3.27 (Niveau de préférence)

Soit $(KB, \ll)$ une base de connaissances munie d'une relation d'ordre strict. Soit H un sous-ensemble non vide de KB. On appelle niveau de préférence de H l'indice de la plus basse couche à laquelle appartient l'un des éléments de H .

La seconde relation qui permet de départager les arguments en conflit les uns avec les autres est la relation de préférence définie comme suit :

Définition 3.28(relation de préférence)

Soient a_i, a_j deux arguments de $A(KB)$, a_i est préféré à a_j si et seulement si : $\text{niveau}(\text{support}(a_i)) > \text{niveau}(\text{support}(a_j))$. On note alors $\text{pref}(a_i, a_j)$.

Amgoud [Amg et al, 02] combine deux critères différents dans la définition d'un système d'argumentation: un critère purement logique et une relation de préférence entre les arguments.

Le critère logique concerne la relation de contrariété et il s'intéresse uniquement à la structure de l'argument. La relation de préférence s'intéresse au contenu de l'argument (la "qualité" des croyances de l'argument). C'est à partir de ces deux relations que le système d'argumentation à base de préférences est instancié [Amg et al, 02].

Définition 3.29 (Système argumentatif logique à base de préférences)

Un système d'argumentation à base de préférences (PAF) est un triplet $\langle A(KB), sape, pref \rangle$ Tel que :

- $A(KB)$: représente l'ensemble des arguments construits à partir de KB une base de connaissances qui contient des expressions bien formées du langage L.
- $sape$ une relation de contradictions entre arguments.
- $pref$ une relation de préférence, c'est à dire une relation d'ordre strict sur $A(KB)$.

La plupart des travaux sur l'argumentation se base sur le cadre d'argumentation proposé par Dung [Dun ,95]. Les systèmes d'argumentation à base de préférences [Amg et al, 98] et de valeurs [Ben, 03] demeurent les deux extensions les plus connues de ce cadre.

Lors de cette section, nous allons passer en revue d'autres systèmes d'argumentation qui ont tenté d'étendre les travaux d'Amgoud [Amg et al, 98] et de Bench-Capon [Ben, 03].

Système d'argumentation	Description	Référence
Système d'argumentation à base de préférences contextuelles (CPAF)	-Une extension de PAF (Preferences-based Argumentation Framework). -La notation CPAF correspond à (Contextual preference based Argumentation Framework -Un système d'argumentation à base de préférences contextuelles (CPAF) est un tuple $[A, R, C, \triangleright, \succsim_1, \dots, \succsim_n]$ ou -A est un ensemble d'arguments et R est une relation d'attaque. - C est un ensemble de contextes. -$\triangleright$ est un ordre total sur l'ensemble C des contextes. -$\succsim_i$ est un préordre(partiel ou total) associé au contexte c_i. -Ce cadre se caractérise par l'utilisation de plusieurs relations de préférence, afin de pouvoir comparer les arguments selon un contexte particulier.	[Amg et al, 00]
Système d'argumentation à base de multiples valeurs (MVAF)	-Une version étendue de VAF (Values-based Argumentation Framework). -La notation VSAF correspond à (Multiple Value based Argumentation Framework).	[Kac et al, 08]

	-Un système d'argumentation VAF étendu est 5-uplets VSAF $[A, R, V, ARG, \gg]$ -A est un ensemble d'arguments et R est une relation d'attaque -V :un ensemble fini et non vide de valeurs ; -ARG: $V \rightarrow 2^A$ fonction qui associe à une valeur v à l'ensemble des arguments ARG(V) qui défendent V. -$\gg$ est un ordre partiel sur V. -Chacun des arguments du système a la possibilité de défendre plusieurs valeurs à la fois	
Système d'argumentation multi-contextuels à base de préférence(MCPAF)	-La notation MCPAF correspond à (Multi Contextual preference based Argumentation Framework) -MCPAF généralisent les CPAF sur les points suivants • Les contextes ne sont pas ordonnés totalement mais sont pré ordonnés par un pré ordre complet. • L'ensemble d'arguments et de relations d'attaques peut différer d'un contexte à un autre -Un MCPAF est défini par $[A_1, \dots, A_n, R_1, \dots, R_n, C, Pr, \geq_1 \dots \geq_n]$ ou -$A_1, \dots, A_n$ sont des ensembles d'arguments exprimée dans le contexte c_i -$R_1, \dots, R_n$ sont des relations d'attaques contextuelles R_i concerne les attaques exprimées dans le contexte c_i -$C = c_1, \dots, c_n$ est l'ensemble de contextes -Pr est un pré ordre total sur les contextes -$\geq_1 \dots \geq_n$ est l'ensemble des préférences contextuelles est un préordre partiel associé au contexte c_i	[Bou et al, 10]

Table3.1 Taxinomie des systèmes d'argumentation

5. Négociation et systèmes d'argumentation

L'argumentation joue un rôle important dans les interactions multi agents en général et dans la négociation en particulier. Dans le cadre de la négociation basée sur l'argumentation de nombreux travaux ont contribué à enrichir la littérature en proposant des systèmes de négociation basés sur l'argumentation où le raisonnement des agents argumentatifs s'appuie sur un système d'argumentation qui leur permet de gérer les incohérences entre leurs propres croyances et les informations transmises par d'autres agents.

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous présentons quelques travaux de recherche ayant exploité les systèmes d'argumentation dans le domaine de la négociation.

Auteurs	Travail de Recherche	Référence
M. Morge	-L'auteur définit un cadre formel dans lequel deux agents dialoguent pour atteindre un accord. -Le modèle de dialogue proposé est intitulé DIAL (Dialogue Is an Argumentative Labour) -La logique argumentative à base de valeurs constitue le modèle de raisonnement des agents et permet de gérer les différentes interactions entre des arguments contradictoires qui sont plus ou moins forts selon l'agent envisagé. -Les arguments sont susceptibles d'être en conflit, la relation de contradiction entre arguments est appelée attaque et permet de capturer ces conflits. -Chaque agent évalue indépendamment la force des arguments. -Les relations entre arguments permettent d'aboutir à une catégorisation des arguments appelés classes d'acceptabilité. On distingue les arguments qui sont acceptés par le système multi-agents et les arguments qui sont acceptés par un agent en particulier.	[Mor, 05]
L.Amgoud , Y.Dimopoulos P. Moraitis	-Les auteurs proposent un cadre unifié et général pour la négociation basée sur l'argumentation. -Dans ce cadre, la négociation met en scène deux agents. -Le but de la négociation est de trouver parmi les différentes offres, celle qui satisfait plus ou moins les préférences des deux agents. -Chacun des deux agents est censé avoir une théorie d'argumentation représentée de manière abstraite. Cette théorie est constituée	[Amg et al, 07]

	• d'un ensemble d'arguments(A) dont la structure et l'origine sont pas connues. • une fonction qui spécifie pour chaque offre possible O, les arguments A qui la supportent. • une relation de conflit non spécifiée. • une relation de préférence non spécifiée. -Le statut de chaque argument est défini en utilisant la sémantique d'acceptabilité proposé par Dung. -L'ensemble des offres est partitionné en quatre sous-ensembles: acceptable, rejetées, négociables et non soutenues. Selon le statut des arguments qui les supportent. -Les auteurs proposent aussi un protocole qui permet aux agents d'échanger des offres et des arguments de faire des concessions si nécessaire.	
N.Hadidi Y.Dimopoulos P. Moraitis	-La négociation met en scène deux types d'agents. -Le mécanisme de raisonnement utilisé par les agents est basé sur le cadre d'argumentation à base de préférences. -Aucune hypothèse n'est faite sur la structure des arguments. Les arguments sont de type épistémiques et pratiques, ils seront utilisés pour attaquer ou défendre les offres lors de la négociation. -L'un des agents initie la négociation en envoyant une proposition, l'offre à proposer doit être soutenue par des arguments qui appartiennent à des extensions du système d'argumentation à base de préférence.	[Had et al, 12]

Table3.2 Négociation et systèmes d'argumentation: Travaux connexes

6. Conclusion

L'argumentation est un mode de raisonnement qui consiste à construire et à évaluer des arguments, le plus souvent conflictuels. Divers systèmes d'argumentation ont été développés en intelligence artificielle. Ces systèmes peuvent être classifiés en deux grandes catégories :

1. Une première catégorie qui ne s'intéresse ni à la structure interne d'un argument ni à son origine et se limite à considérer un argument comme une entité abstraite avec une relation d'attaque entre arguments. L'un des cadres formels les plus abstraits est celui proposé par Dung [Dun, 95].
2. Une deuxième catégorie de systèmes d'argumentation consiste à formaliser l'argumentation dans un cadre logique. Ces approches sont essentiellement dédiées à

la construction d'arguments et de contre-arguments à partir d'une base de connaissances. Un cadre d'argumentation dans lequel la structure des arguments est définie à l'aide d'un langage logique est appelé logique argumentative [Amg et al, 02]. Le cadre très général de Dung [Dun, 95] peut être instancié avec n'importe quelle logique, n'importe quelle définition d'argument et de relation de contrariété. De ce fait, la plupart des logiques argumentatives concilient les sémantiques d'acceptabilité proposées par Dung [Dun, 95] avec la structure de leurs arguments. nos travaux de recherche s'inscrivent dans cette lignée.

Une des limites du système à la Dung [Dun, 95] est de considérer tous les arguments présents comme ayant la même force, cela peut avoir une portée contraignante voire irréaliste dans de nombreux cas d'étude. En conséquence plusieurs travaux dans la littérature ont tenté d'étendre le cadre de Dung [Dun, 95] parmi ces travaux, les systèmes d'argumentation à base de préférences [Amg et al, 14] ou encore le système d'argumentation à base de valeurs proposé dans [Ben, 03] qui tour à tour ont doté les arguments d'une force permettant de les comparer.

Lors du prochain chapitre nous présentons notre contribution qui porte sur la proposition d'un système d'aide à la décision destiné à trouver un consensus pour un groupe d'acteurs dans contexte multicritères et spatial via la négociation basée sur l'argumentation.

Deuxième Partie

Modèles Proposés et Mise en Œuvre

Chapitre 4

Modèle et Systèmes Décisionnels proposés

Sommaire

1. Introduction.....	70
2. Modèle de Processus spatiale multicritère et multi acteurs proposé	71
2.1Caractéristiques du modèle de Simon	71
2.2 Modèle de processus décisionnel proposé.....	72
2.2.1 Acteurs impliqués dans le modèle décisionnel proposé.....	72
2.2.2 Description du modèle de processus décisionnel proposé.....	73
3. Système d'aide multicritère a la décision de groupe a référence spatial proposé	80
3.1 Les systèmes d'information Géographique	81
3.2 Couplage SIG-MCA : Travaux connexes	81
3.3La description du système décisionnel proposé	83
3.3.1 Modèle spatial.....	85
3.3.2 Modèle Multi-Agents	85
3.3.2.1 Agentification	85
3.3.2.2 Importance des agents participants.....	86
3.3.3 Système d'argumentation à base de coalition	87
3.3.4Historique de Négociation	88
3.3.5Modèle de Préférence.....	88
3.3.6 Protocole de négociation proposé.....	90
3.3.6.1Fonctionnement Générale du Protocole	90
3.3.6.2 Les Caractéristiques du Protocole Proposé.....	90
3.3.7 Stratégies de Négociation	92
3.3.7.1 Les stratégies du participant	93
3.3.7.2 Les Stratégies de l'initiateur.....	96
4. La démarche décisionnelle adoptée par CSMDSS.....	105
5. Synthèse.....	106
6. Conclusion	107

Chapitre 4

Modèle et Système Décisionnels

Proposés

Lors de ce chapitre, nous présentons nos contributions qui portent sur la proposition :

- D'un modèle de processus décisionnel résumant les différentes étapes à suivre lors de prise décision dans un contexte multicritères, multi acteurs et spatial afin d'arriver à une décision consensuelle.*
- D'un système d'aide multicritères à la décision de groupe à référence spatiale dédié aux problématiques de localisation spatiale qui consiste en la recherche du site le plus adéquat pour une construction donnée.*

1. Introduction

La prise de décisions territoriale est généralement un exercice complexe et confus, caractérisé par la présence de critères multiples et d'un grand nombre d'acteurs ayants des objectifs et des désires qui divergent.

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont des outils incontournables dans tous les domaines qui touchent de près ou de loin à l'aménagement du territoire(AT). Néanmoins, même s'ils excellent dans le domaine de l'analyse spatiale et du traitement de l'information géographique, ils ne suffisent pas tout le temps pour agir en tant que véritables outils d'aide à la décision.

Lors de cette étude, notre intérêt s'est porté sur le développement de solutions méthodologiques et informatiques dédiées au renforcement des capacités décisionnelles des SIG, afin de les faire évoluer vers de véritables systèmes d'aide multicritères à la décision de groupe.

A cet effet, nous avons tenté d'associer au SIG une panoplie d'outils permettant de combler leurs insuffisances en matière de décision multicritères et multi acteurs. Dans cette optique, notre première contribution vise la proposition d'un système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe dédié à la problématiques de localisation qui consiste en la recherche d'une surface satisfaisant au mieux certains critères pour une construction donnée [Ouf et al,18].

Etant donné que les modèles d'aide à la décision sont le point de départ obligé de l'étude des systèmes informatiques d'aide à la décision. Par conséquent notre seconde contribution porte sur la proposition d'un modèle de processus décisionnel qui décrit les différentes phases à travers lesquelles un ensemble d'acteurs passent afin de trouver un consensus dans un contexte spatial et multicritères. [Ouf et al, 17].

2. Modèle de processus décisionnel spatial multicritères et multi acteurs proposé

L'activité d'aide à la décision s'articule autour d'un processus qui consiste en la détermination des étapes à suivre par un décideur afin d'arriver à une décision comme solution à un problème posé. Le modèle le plus diffusé est vraisemblablement celui de Simon [Sim, 54] source d'inspiration pour la plupart des modèles décisionnels.

2.1. Caractéristiques du modèle de Simon

Simon [Sim, 54] propose le modèle IDC décomposant le processus de décision en trois étapes (*Intelligence – Design – Choice*) ou en français «Information – Conception – Choix». Dans le modèle de Simon :

- Le décideur est naturellement tenté de s'orienter vers une approche monocritère, occultant la prise en compte de la complexité de la réalité faisant intervenir une multitude de critères.
- la théorie de Simon se fonde sur l'idée qu'un décideur ne possède pas en fait une connaissance totale de la situation, d'où le terme de "rationalité limitée" [Sim, 54] et que ces limitations dans la connaissance des faits et hypothèses proviennent principalement des contraintes de l'organisation qui sélectionne ou favorise tel ou tel scénario en fonction de ses intérêts.

La clé de voûte de la réflexion de Simon [Sim, 54] est la question de la rationalité limitée. Cependant, certains courants considèrent la prise de décision plutôt comme un processus *social interactif* où le choix d'une décision doit être pris en interaction avec les autres acteurs du système [Rad, 97]. D'autres auteurs [Cye et al, 63] ont même démontré à travers leurs travaux que la notion de consensus est cruciale dans les systèmes complexes impliquant multiples acteurs et soutiennent l'idée que la prise de décision s'effectue dans une logique plutôt *consensuelle* que *rationnelle*.

La prise de décision peut difficilement être définie indépendamment de l'environnement dans lequel elle est développée. En effet, certaines décisions et notamment les décisions environnementales sont de nature complexe, spatiale, nécessitant la définition de plusieurs critères contradictoires impliquant plusieurs acteurs aux objectifs divergents.

Les différents modèles de processus de décision proposés dans la littérature sont plus adaptés au cas mono décideur qui s'isole pour prendre une décision. Par ailleurs, si la responsabilité de la décision incombe à un acteur clairement identifié que l'on a désigné comme le décideur. La décision est généralement le fruit d'une interaction entre ses préférences et celles d'autres acteurs affectés par la décision.

L'intégration des acteurs concernés par la décision au sein des processus de prise de décision est devenue nécessaire puisqu'elle constitue une forme d'assurance quant à la qualité de la décision et de sa mise en œuvre.

La participation des acteurs aux processus décisionnel permet de tenir compte des opinions de ceux qui sont visés par les changements engendrés par une décision. De ce fait, il est indispensable de proposer de nouvelles structures plus adéquates aux aspects spatial, multicritères et multi acteurs caractérisant les problématiques environnementales en générale et territoriale en particulier [Ouf et al, 16]. Pour cela, nous nous inspirons des structurations proposées dans la littérature et en particulier du modèle de Simon [Sim, 55] que nous tentons d'étendre afin de concevoir un modèle décisionnel tenant en compte à la fois de la multiplicité des acteurs et de la multitude des critères.

2.2 Modèle de processus décisionnel proposé

Un modèle d'aide à la décision n'a de sens que par rapport aux acteurs pour le compte de qu'il est mise en œuvre. Connu sous d'autres appellations notamment *stakeholders*² ou *parties prenantes*³, le concept d'acteur est une notion clef de beaucoup de démarches d'aide à la décision. A ce titre, avant de passer en revue les différentes phases du modèle de prise de décision proposé, il nous semble important de présenter les différents acteurs amenés à intervenir à des titres variés au cours du processus de décision.

2.2.1 Acteurs impliqués dans le modèle décisionnel proposé

Le modèle de prise de décision proposé intègre les acteurs suivants :

- **Le décideur** : la personne à qui s'adresse l'aide à la décision. Il occupe une place centrale dans le processus d'étude.
- **L'Homme d'étude (analystes)** : c'est un individu ou un groupe d'individus (groupe d'étude) appelés à structurer le problème de décision, à modéliser les préférences des acteurs en les guidant à travers la procédure à suivre. Cet acteur participe au processus décisionnel sans être porteurs d'enjeux, il peut dans certains cas jouer le rôle d'un médiateur.
- **Les acteurs clé** : considérés comme des acteurs ayant un niveau d'influence et d'importance élevé, ils seront actifs tout au long du processus. Ce sont ceux, qui de par leur intervention conditionnent et influencent directement la décision finale.
- **Les acteurs secondaires** : ce type d'acteur aura moins d'impact que le précédent, ce sont ceux qui subissent les conséquences de la décision. Les acteurs secondaires ne participent pas à la totalité des phases du processus, ces derniers seront consultés lors de la phase de structuration du problème et informés de la décision finale après la phase de négociation.

² Un concept anglo-saxon, apparu dans les années soixante en théorie des organisations, cette notion est surtout utilisée dans des problématiques managériales de gestion des entreprises, par la suite des praticiens et chercheurs en aide à la décision se sont ainsi approprié le concept de *stakeholder*.

³ Est un individu ou groupe qui peut affecter ou être affecté par la réalisation des objectifs organisationnels

2.2.2 Description du modèle de processus décisionnel proposé

Le modèle de processus décisionnel proposé est à caractère participatif, comprenant plusieurs étapes au cours desquelles il est question de cerner la problématique traitée, d'identifier les parties prenantes, collecter les données nécessaires à la prise de décision (alternatives, critères, évaluation), identifier les préférences des parties prenantes et enfin arriver à un consensus satisfaisant via une phase de négociation. Pour la crédibilité du processus décisionnel et la légitimité de la décision qui en découlera, il est fortement recommandé qu'un tel processus de groupes soit accompagné par un spécialiste d'aide à la décision pour gérer les aspects techniques des différentes phases du modèle. Cela peut se produire par exemple au niveau de la phase d'identification de critères, l'élicitation de préférences ou encore au niveau de la phase d'agrégation, etc...

La place de l'homme d'étude est centrale, il peut même dans certains cas jouer le rôle d'un facilitateur, un médiateur qui aide les acteurs dans la recherche d'une solution négociée du conflit.

Le modèle d'aide à la décision proposé intègre quatre phases [Ouf et al, 16].

❖ Phase 1 : Structuration et formulation de la situation décisionnelle

C'est la première phase du modèle, elle concerne l'identification du problème, l'analyse de la situation (quel est le problème, qui sont les acteurs concernés ?, comment doivent-ils être impliqués ?) et l'acquisition de connaissances nécessaires pour la résolution du problème traité. Ces connaissances s'articulent autour de trois points essentiels, l'ensemble des actions potentielles, l'ensemble des critères et l'ensemble des évaluations de performances des actions selon chacun des critères. Ces entrants (input) représentent le point de départ des problématiques décisionnelles multicritères [Ouf et al, 17].

La phase de structuration et formulation du problème est jalonnée par trois étapes importantes. La formulation de la problématique multicritères, l'identification des parties prenantes et la structuration collective du problème.

– Etape 1 : Identification et formulation du problème

Lors de cette étape, les décideurs en collaboration avec l'homme d'étude doivent [Ouf et al, 17]

- Identifier la nature du problème,
- Clarifier la situation décisionnelle,
- Essayer de formuler le problème posé sous forme d'une problématique multicritères (choix, de rangement ou de tri).

Les décideurs officiels doivent composer avec de nouveaux partenaires de plus en plus nombreux qui exigent que leur point de vue soit pris en considération, donc une fois le problème formulé, il est important d'identifier et de faire participer les autres acteurs concernés par la décision [Ouf et al, 17].

– Etape2 : Identification et classification des acteurs

L'identification des parties prenantes d'un milieu est un exercice fondamentale qui requiert d'abord une bonne connaissance des acteurs d'une communauté (citoyens, élus, entreprise, agent de développement, etc...). Cette étape d'identification doit aboutir à la liste la plus exhaustive possible des différentes personnes, groupes de personnes ou organismes impactés par la décision. Plusieurs techniques permettent d'identifier les acteurs affectés par une décision ; la technique dite de « la boule de neige » [Kin et al, 98] ou encore la technique dite « stakeholders analysis » [Var et al, 04]. Cette dernière est intéressante car c'est une approche simple et efficace qui permet d'identifier les intérêts, les priorités et le niveau d'influence de chaque groupe d'acteurs.

Après identification des différents acteurs affectés par la décision, nous devons répondre aux questions suivantes :

- *Faut-il impliquer tous les acteurs identifiés dans le processus décisionnel ? si oui*
- *Les acteurs identifiés doivent ils participer lors de chacune des phases du processus ?*

Le modèle proposé permet d'intégrer les différents acteurs affectés par la décision mais à des niveaux de participation différents, de ce fait nous avons proposé de classer les acteurs identifiés en deux catégories *acteurs clé* et *secondaires*.

Les acteurs clé seront appelés à jouer des rôles de premier plan tout au long du processus, tandis que les autres acteurs auront des rôles secondaires et peuvent participer à certaines phases du processus [Ouf et al, 17].

– Etape3 : Structuration collective du problème

Cette étape est essentiellement participative faisant intervenir les décideurs et les acteurs (clé et secondaires) identifiés précédemment. Le principal défi à travers cette phase de structuration est de construire avec les parties prenantes (acteurs et décideurs) une compréhension commune et partagée de la problématique.

Avoir la même vision de la problématique traitée dans un cadre multicritères correspond à une définition commune de l'ensemble des actions et de l'ensemble des critères à prendre en considération. A l'issue de cette étape et suite à une consultation- concertation active, les parties prenantes (acteurs et décideurs) auront comme résultat un seul tableau de performances qui regroupe les différentes actions et critères ainsi que l'évaluation des actions selon chacun des critères.

L'étape de structuration est la plus délicate du processus, elle comprend trois sous phases décrites dans ce qui suit :

1. Identification des actions potentielles

Le terme générique d'action est utilisé pour désigner ce qui constitue l'objet de la décision ou ce sur quoi porte l'aide à la décision. En pratique, ce terme peut être remplacé selon les cas, par alternative, scénario, plan, programme, projet, proposition, variante, opération, investissement, solution, etc...

L'utilisation de techniques comme le brainstorming⁴ peut être utile pour identifier le plus grand nombre d'actions possibles.

Lorsque l'action à prendre en considération est définie par sa localisation géographique, sa forme et/ou ses relations spatiales, on parlera d'action spatiale. Une action spatiale est définie à travers au moins deux éléments : l'action elle-même (quoi faire ?) et la localisation géographique (où faire ?).

Nous pouvons citer quelques exemples de décision dans l'espace géographique :

- *quel est le meilleur tracé pour construire l'autoroute ?*
- *quel est le meilleur site qu'il faudrait choisir pour implémenter un barrage, une centrale nucléaire, un aéroport, un site d'enfouissement de déchets ?*

Lors de cette étape, l'utilisation des outils d'aide à la décision spatiale (SDSS) tel que les systèmes d'information géographiques (SIG) peut être d'une grande utilité pour délimiter la zone d'étude et pouvoir visualiser les différentes actions.

2. Identification des critères

Un critère est une fonction permettant de comparer des actions selon un axe de signification considéré. Ces critères sont ceux autour desquels les acteurs du processus de décision justifient, transforment et argumentent leurs préférences.

L'identification des critères retenus est une étape délicate qui nécessite une interaction intensive entre l'homme d'étude et la partie impliquée dans la prise de décision. Un critère est une dimension, une grandeur, à laquelle il est fait référence pour mesurer les conséquences d'une action. Deux grandes approches sont utilisées pour construire cet ensemble de critères (attributs) qui permettra par la suite d'évaluer puis de comparer les conséquences des actions potentielles.

La première approche dite descendante qui consiste à décliner l'objectif global en sous-objectifs et ainsi de suite dans une structure hiérarchique et ce jusqu'à un niveau mesurable que l'on qualifie d'attributs (critères) [Kee et al, 78].

La seconde dite ascendante consiste à demander aux parties prenantes de spécifier des éléments précis, concrets qui permettent d'infléchir la décision et que l'on appelle les conséquences élémentaires. Par la suite, ces conséquences sont structurées en dimensions puis en axes de signification lesquels seront traduits en critères [Roy, 85].

L'ensemble des critères retenus doit tant que possible vérifier quelques bonnes propriétés (exhaustivité, cohésion, non redondance et certaines formes d'indépendances). Lorsque ces exigences sont vérifiées, la famille de critères est dite cohérente [Bou, 93].

3. Evaluation des actions

Les évaluations (de performance, d'impacts, etc...) des actions selon chacun des critères peuvent s'effectuer en ayant recours à divers moyens (des formules analytiques, des instruments de mesure, de jugements, etc...). Dans un cadre spatial, les performances

⁴ Technique conçue pour la génération d'un maximum d'idées, de solutions possibles dans les réunions de groupe

peuvent aussi être explicitées directement par les parties intéressées et ou calculées en utilisant différentes opérations spatiales offertes par des outils tels que les SIG qui permettent d'évaluer automatiquement les actions pour un certain nombre des critères quantitatifs et spatiaux (par exemple, surface aménagée de chacune des zones d'un bassin versant).

Les évaluations des actions selon chacun des critères peuvent être quantitatives mais dans bien des cas, elles ne peuvent se faire qu'en termes qualitatifs (en utilisant une échelle qualitative ordinale par exemple).

Quels sont les modes d'implication des acteurs clé et secondaires lors de cette étape ?

Il existe plusieurs façons d'envisager l'implication d'acteurs dans un processus décisionnel. Cependant, selon le mode d'implication, l'influence des acteurs sur le résultat n'est pas la même. À cet égard, les acteurs clé et secondaires seront impliqués lors de cette phase selon deux modes différents à savoir la consultation et la concertation [Ouf et al, 17]:

- a. **La Consultation** : Ce mode d'implication sera destiné aux acteurs secondaires. L'analyste guide ces acteurs dans l'expression de leurs connaissances et leurs points de vue de manière explicite afin de représenter formellement les différentes caractéristiques de la décision. A cet effet, la construction d'un questionnaire et la réalisation d'une enquête auprès de ces acteurs peut s'avérer un moyen adéquat pour identifier les enjeux et les intérêts de ces derniers. Par ailleurs l'analyste peut avoir recours aux techniques du brainwriting⁵ à travers lesquelles, on demande à chaque acteur d'indiquer les principaux aspects dont il faudrait tenir compte lors de la définition des critères, quelles variantes peuvent constituer des solutions aux problèmes posées.
- b. **La Concertation** : contrairement à la consultation où le niveau d'influence des acteurs est assez faible et ils n'exercent pas de pouvoir réel sur la décision. La concertation est un mode d'implication qui permet de tenir compte des avis et des préférences des acteurs. Ce mode d'implication sera prédestiné aux acteurs clé.

À l'issue de cette étape de structuration, seuls les décideurs et les acteurs clé seront concernés par la suite du processus.

❖ **Phase 2 : Décision individuelle**

Lors de cette phase, chaque participant (décideurs et acteurs clés) tente de répondre à la problématique traitée individuellement. Cette phase nécessite l'utilisation de méthodes multicritères adéquates pouvant répondre à la problématique traitée.

Le choix des méthodes multicritères appropriées au problème étudié et leurs applications relèvent de l'activité de l'homme d'étude [Ouf et al, 17].

⁵ Consiste à mettre au centre de la table plusieurs feuilles de papier chaque membre du groupe doit prendre une feuille, y noter ses idées, solutions propositions Une fois les idées regroupées en idées principales, leur taux de consensus est calculé par comparaison.

La phase de décision individuelle comporte deux étapes importantes l'élicitation des préférences des participants et leur agrégation.

– **Étape1 Articulation et modélisation des préférences**

Cette phase vise à exprimer divers jeux de paramètres nécessaires à l'application des méthodes multicritères retenues. Suite à une interaction intensive avec l'homme d'étude, chaque participant est amené à déterminer ses propres coefficients d'importance relative aux critères, spécifier les valeurs des différents paramètres de préférence qui permettent de discriminer les différentes actions. Ceci se concrétise par une suite de questions-réponses permettant aux acteurs clé et décideurs d'exprimer progressivement leurs informations préférentielles qui peuvent prendre la forme de seuils de discrimination, seuils de veto, seuils de préférence, d'indifférence, fonctions d'utilité/valeur.

En ce qui à trait à la pondération des critères, plusieurs approches peuvent être préconisées. La littérature indique que la technique de SIMOS (ou technique du jeu de carte) est la plus répandue [Sim, 90].

– **Etape2 Agrégation des préférences au niveau individuel**

Cette phase permet de parvenir à une recommandation(un résultat individuel) qui répond à la problématique multicritères traitée en s'appuyant sur le tableau des performances qui caractérise les alternatives potentielles à évaluer et les informations préférentielles de l'acteur. De ce fait, une procédure d'agrégation doit être mise en œuvre afin de synthétiser les préférences exprimées par les acteurs sur chacun des critères.

Pour le choix du mode d'agrégation, l'homme d'étude se réfère habituellement à divers éléments tels que [Ouf et al, 17]:

- la problématique de décision.
- la cardinalité de l'ensemble des actions.
- la nature des évaluations.

De ce fait, une bonne procédure d'agrégation doit ainsi rester suffisamment simple pour éviter le sentiment de « boîte noire ». Les PAMC (procédure agrégation multicritères) peuvent être regroupées en trois approches opérationnelles [Roy, 85] :

- (i) l'approche du critère unique de synthèse, évacuant toute incomparabilité.
- (ii) l'approche du surclassement.
- (iii) l'approche du jugement local interactif.

Le résultat attendu par l'application d'une PAMC aura la forme d'un rangement des actions (total ou partiel, avec ou sans ex aequo), un sous-ensemble d'actions sélectionnées ou un tri ordonné. Ces résultats individuels sont ensuite confrontés et discutés entre les membres pour dégager un résultat de consensus à travers la phase de négociation.

❖ **Phase3 : Négociation**

C'est la phase de résolution de conflit par excellence, chaque intervenant (décideur et acteur clé) essaye de 'promouvoir' et défendre ses idées, ses alternatives préférées au détriment des

autres intervenants. Le but de cette phase est d'arriver conjointement à un accord après des échanges plus ou moins structurés.

La négociation peut se dérouler durant plusieurs tours où chaque acteur peut faire des propositions et des contre proposition, argumenter, donner des justifications pour influencer les autres acteurs à adopter son point de vue. Un des participant ou une tierce partie neutre peut faire office de médiateur pour aider les différentes parties dans leurs efforts de recherche de consensus [Ouf et al, 17].

❖ Phase4 : Concrétisation

Cette phase vise essentiellement l'acceptation sociale du résultat de la négociation, sa mise en œuvre et son contrôle. Il est fréquent que les membres du groupe négligent cette dernière étape.

Après négociation, un consensus est atteint afin de préserver le contexte de compréhension mutuelle, la décision finale doit être notifiée aux différents acteurs concernées (décideurs, acteurs clé et secondaires). Le processus décisionnel ne serait pas complet s'il ne renfermait pas l'étape de mise en application de la solution.

En effet, même ayant obtenu une solution finale, celle-ci peut être vouée à l'échec si son application n'est pas planifiée et suivie avec soin. De ce fait, il faut que le groupe puisse à tout moment vérifier si par exemple, l'on respecte bien les diverses contraintes fixées (coût, ressources, temps, etc...). Une fois l'ensemble de ces contraintes vérifié, ils doivent s'assurer que ce résultat de consensus soit opérationnel [Ouf et al, 17].

Les différentes phases du modèle de processus de décision spatiale, multicritères et multi acteurs proposé sont illustrées par la figure suivante.

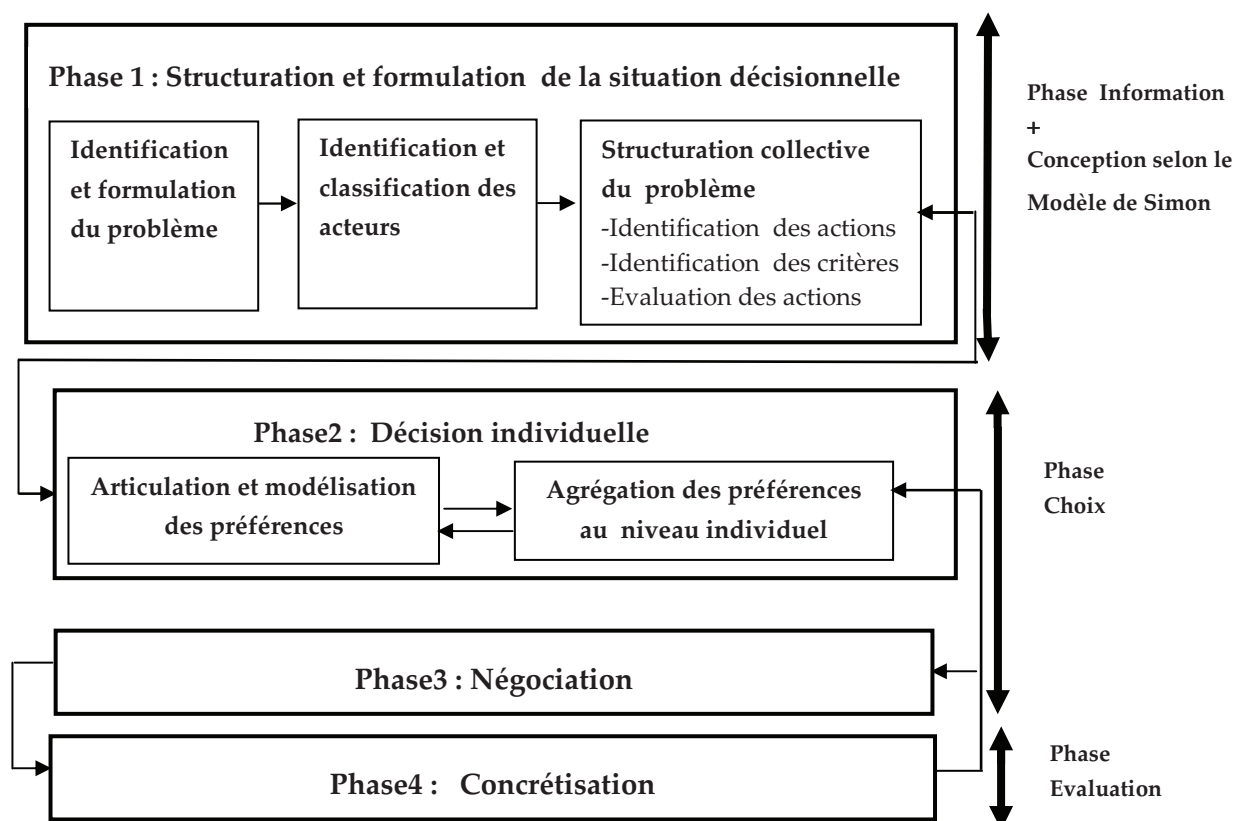


Figure4.1. Modèle de processus de prise décision proposé

Les travaux sur les processus de décision sont assez variés, sans viser l'exhaustivité nous présentons ici une synthèse des travaux majeurs sur le sujet.

Processus Décisionnel	Phases du processus	Références
Simon	1. Phase Information 2. Phase Conception 3. Phase Choix 4. Phase Evaluation	[Sim, 55]
Minzberg	1-Phase d'identification -Reconnaissance d'un besoin de décision -diagnostic 2-Phase d'élaboration - Recherche - Conception 3- Phase de choix - Examen - Évaluation - Autorisation	[Min et al ,76]
Mazzolini	1-Phase Identification d'un besoin de décision 2- Phase Recherche de solutions 3- Phase Analyse des solutions 4- Phase Revue et approbation 5- Phase Mise en œuvre	[Maz, 81]
Pictet	1-Structuration du Modèle -Formulation du problème et des valeurs -Structuration de la procédure 2-Exploitation du Modèle -Analyse de l'état actuel et modélisation des conséquences -Evaluation des performances -Agrégation -Analyse de la robustesse et résultats 3-Concrétisation des résultats -Décision globale -Mise en œuvre -Contrôle	[Pic, 96]
Oufella , Hamdadou	1-Structuration du Modèle -Identifier les actions -Identifier les critères	[Ouf et al, 09]

	-Identifier les acteurs 2-Exploitation du Modèle -Analyse de l'état actuel et modélisation des acteurs -Evaluation des performances Négociation 3-Concrétisation des résultats -Décision globale -Mise en œuvre -Contrôle	
Adla	1-phase pré décision 2-Phase décision -Génération des options de solutions -Organisation des options de solutions - Evaluation des options de solutions -Décision/ Choix d'une solution 3-phase post décision	[Adl, 10]

Table4. 1. Synthèse de modèles de processus décisionnels proposés dans la littérature

Le constat est clair, la plupart des modèles décisionnels proposés dans la littérature sont destinés à un décideur unique qui s'occupe de la collecte et de l'analyse de l'information pour ensuite arrêter une décision. Le modèle proposé revêt un caractère participatif du fait qu'il associe les parties prenantes au processus décisionnel depuis la structuration du problème multicritères traité qui se fait en consultation-concertation les uns avec les autres jusqu'à la mise en œuvre du résultat consensuel.

Comme les décisions faisant intervenir plusieurs personnes comportent un certain nombre de facteurs de blocage liés aux relations de pouvoir, aux conflits d'intérêts ainsi qu'à leurs préférences qui divergent. Ces facteurs sont des obstacles à la prise de décision collective, de ce fait le processus proposé intègre une phase de négociation dont le but est de permettre au membre du groupe arriver à un accord acceptable en respectant les contraintes et les préférences de chacun.

3. Le Système d'Aide Multicritères à la Décision de Groupe à Référence Spatiale proposé (CSMDSS)

Notre seconde contribution porte sur la proposition d'un système d'aide à la décision destiné à la problématique de localisation spatiale en aménagement du territoire(AT) qui consiste en la recherche d'une surface satisfaisant au mieux certains critères pour une construction donnée [Ouf et al, 18].

Lors de cette section, nous commençons par présenter les systèmes d'information géographique (SIG) outils de prédilection pour faire face aux problématiques spatiales, puis nous passons en revue quelques systèmes d'aide à la décision proposés dans la littérature

destinés aux problématiques de localisation spatiale. Enfin le système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe proposé sera présenté en détails et tout ses composants seront passés en revue.

3.1 Les systèmes d'information géographique(SIG)

Les systèmes d'information géographiques (SIG) sont des outils privilégiés de l'aide à la décision spatiale constituant aujourd'hui des supports incontournables pour la gestion territoriale. Les SIG sont définis comme des outils d'observation des territoires et d'analyse spatiale puissants combinant les informations géographiques et statistiques. Ils permettent un suivi cartographié et quantifié des dynamiques territoriales [Joe, 98].

Malgré leurs nombreuses fonctionnalités analytiques, les SIG souffrent encore de plusieurs lacunes dans le domaine de l'aide à la décision et échouent lorsqu'il s'agit de tenir compte des aspects multicritères caractérisant les problèmes territoriaux. De ce fait, une intégration SIG-AMC semble être le moyen le mieux placé pour faire évoluer les systèmes d'information géographiques vers de véritables systèmes d'aide multicritères à la décision [Cha et al, 05].

3.2 Couplage SIG- AMC : Travaux connexes

L'intégration des SIG avec les AMC a été largement utilisée dans les problématiques d'AT. Dans ce qui suit, nous exposons sans prétendre à l'exhaustivité les principaux travaux de recherche ayant utilisé un couplage SIG-AMC dans le contexte de la localisation spatiale.

Auteurs	Travail	Référence
F.Joerin	-L'auteur propose un système d'aide à la décision nommé MEDUSAT destiné à la localisation de l'emplacement d'une usine de traitement des déchets en Tunisie. -Le système proposé allie un outil SIG à l'analyse multicritères (Electre tri et Electre III).	[Joe ,97]
M. Gómez Delgado, S. Tarantola	-Les auteurs montrent la potentialité d'une intégration SIG-AMC dans l'aide à la décision spatiale. -Ils s'intéressent à un problème hypothétique qui consiste à localiser la mairie de la ville de Rio de Janeiro au Brésil.	[Gom et al, 02]
N. Martin, B. St-Onge, J.-P.Waub	-Les auteurs ont développé et testé un système interactif d'aide à la décision (SIAD) pour l'aménagement de la plaine alluviale de la Rivière Saint-Charles au Québec, Canada. -Le SIAD proposé est basé sur une alliance SIG et AMC (les méthodes PROMETHEE I et II)	[Mar et al, 03]

	-Le SIAD est utilisé pour évaluer huit scénarios d'aménagement du corridor de la Rivière Saint-Charles sur la base de onze critères.	
O. Marinoni	-L'auteur intégré deux versions de la méthode multicritères Promethee (la version standard et une version stochastique) dans le SIG. -Les deux méthodes ont été utilisées pour le choix d'une parcelle pour la construction de nouvelles habitations.	[Mar, 05]
D.Hamdadou,	-L'auteur reprend la problématique traitée par Joerin [joe, 97] et propose un nouveau système d'aide à la décision basé sur un couplage SIG-AMC. -L'auteur prend en compte la corrélation qui peut subsister entre les différents critères d'évaluation. De ce fait elle introduit l'intégrale de choquet au lieu de la somme arithmétique comme opérateur d'agrégation dans les méthodes d'analyse multicritères utilisées pour traiter la problématique de localisation.	[Ham, 08]
K.Labed ,D.Hamdadou	-Les auteurs proposent un système d'aide à la décision pour les problématiques de localisation en aménagement du territoire. -Les auteurs combinent les systèmes d'information géographiques, les approches de l'analyse multicritères à savoir la méthode Electre III ainsi que les algorithmes génétiques multi objectifs afin de pallier aux irrégularités détectées dans Electre III spécialement dans le processus de classement (phase d'exploitation de la méthode).	[Lab et al, 07]
A. Rikalovic, , I. Cosic, et D. Lazarevic	-Les auteurs s'intéressent au développement d'un système décisionnel qui exploite les avantages des systèmes d'information géographique et des outils d'aide à la décision multicritères (OADM), afin de juger de la pertinence de choix de localisation des sites industriels selon des critères préétablis.	[Rik et al, 14]

I.Amella, B.Bouzidi	-L'objectif des auteurs est de mettre en place un outil d'aide à la décision basé sur les systèmes d'information géographique avec intégration d'un outil d'aide à la décision multicritères (macbeth) pour la localisation industrielle selon un ensemble de critères environnementaux, sociaux et économiques.	[Ame et al, 16]
---------------------	--	-----------------

Table4.2. Couplage SIG-AMC : Travaux connexes

La combinaison SIG-AMC s'avère être l'outil de prédilection de beaucoup d'auteurs traitant la problématique de localisation spatiale.

La discipline de l'aménagement du territoire est aujourd'hui amenée à concilier un nombre croissant d'objectifs souvent divergents, défendus par un large panel d'acteurs ayant des intérêts différents et contradictoires. La littérature associée à l'aide à la décision spatiale et territoriale offre peu de systèmes qui considèrent cet aspect. Ainsi, face aux situations complexes et conflictuelles qui semblent caractériser la décision territoriale. Les systèmes d'information géographique (SIG) et les méthodes d'analyse multicritères(MAMC) restent sans grand effet et doivent être enrichis par d'autres outils afin de mieux faire face aux problématiques de type spatial, multicritères et multi acteurs.

Les modèles multi agents permettent une représentation adéquate de la multiplicité des acteurs, de prendre en compte la diversité de talents, de compétences, de goûts, d'aspirations, etc... Dans ces modèles, il peut y avoir une correspondance directe entre les agents et les individus, les organisations ou encore les acteurs qui existent dans le monde réel. [Ham et al, 13].

Cependant, la participation appelle à considérer une autre perspective qui a trait à la négociation. En effet, comment peut-on participer sans être contraint de justifier ses choix et ses préférences? Cette nouvelle dimension mérite que l'on y réfléchisse afin de palier aux différents conflits engendrés par la participation [Ouf et al, 09].

3.3. Description du Système d'Aide à la Décision proposé (CSMDSS)

Le système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe proposé s'articule autour de quatre formalismes de grande importance : Les *systèmes d'information géographique*, les *systèmes multi agents*, la *négociation* et l'*analyse multicritères*.

Le système proposé opère en deux phases [Ouf et al, 18]:

1. **phase1** : identification des préférences de chaque acteur (agent participant) grâce aux avantages offerts par les méthodes d'analyse multicritères ;
2. **phase2** : recherche de consensus acceptable pour un groupe d'agents participants grâce à une phase de négociation basée sur l'argumentation.

L'architecture fonctionnelle du système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe proposé est illustrée par la figure suivante

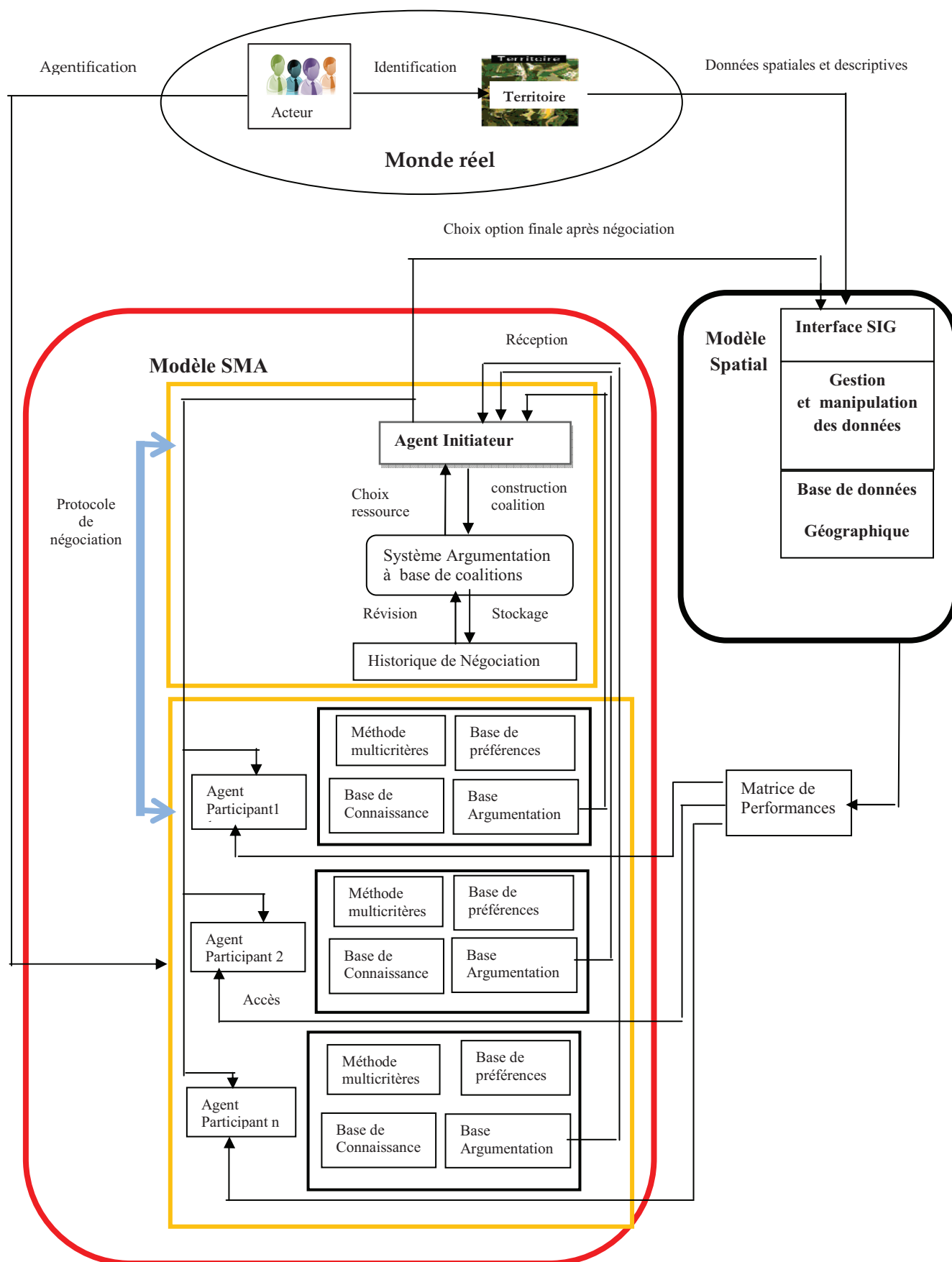


Figure4.2. Système décisionnel proposé

3.3.1. Modèle Spatial (Composant SIG)

Etant intrinsèquement un outil de gestion des informations géographiques, le composant SIG aura pour fonction essentielle de permettre la gestion des connaissances du territoire. Grâce à ses fonctionnalités, il est possible de :

- Gérer la base de données géographique.
- Archiver des informations.
- Manipuler et interroger les bases des données géographiques.
- Fournir une représentation spatiale des systèmes étudiés.
- Mettre en forme et visualiser les données.

Nous exploitons les fonctionnalités du SIG pour préparer les entrées (inputs) nécessaires pour la prise de décision. Lorsque les acteurs parviennent à identifier les actions et les critères, grâce aux capacités analytiques du SIG une valeur (note) est affectée à chaque critère. L'ensemble des actions et de leurs notes relativement aux différents critères constitue la matrice d'évaluation (Tableau de performances). Cette matrice est accessible par le modèle multi agents [Ouf et al, 18].

3.3.2. Modèle Multi Agents

Les systèmes multi agents (SMA) représentent un paradigme de premier ordre pour l'analyse, la conception et l'implémentation de systèmes composés d'entités autonomes en interaction [Fer et al, 98] pouvant coopérer, communiquer et négocier. Le module SMA aura pour mission de créer une représentation du monde réel formé d'agents. Chacun de ces agents représente un des acteurs impliqués dans le processus décisionnel [Ouf et al, 18].

3.3.2.1 Agentification

L'agentification d'un problème est un aspect important de la conception d'un SMA, elle influence fortement les performances et l'efficacité du système à résoudre un problème. Dans la littérature, il existe une multitude de méthodologies offrant un intérêt certain pour l'étude des SMA d'un point de vue organisationnel telle que Gaia, Voyelles, Aalaadin, etc... [Fer et al, 98]. Le rôle de ces méthodologies est d'assurer une aide efficace durant toutes les phases de modélisation du cycle de vie d'une application basée sur les agents.

La modélisation agent adoptée dans le système proposé s'appuie sur la méthodologie Aalaadin [Fer et al, 98] qui se base sur les concepts d'agent, groupe et rôle pour définir une organisation réelle.

Pourquoi opter pour la méthodologie Aalaadin ?

Notre choix s'est porté sur le modèle Aalaadin [Gut et al, 98] car il propose une méthodologie conceptuelle permettant de :

- Définir l'ensemble des rôles possibles que peut jouer un agent au sein d'un groupe.
- Spécifier de manière claire les interactions qui subsistent entre les agents du système.
- Utiliser la notion de groupe et d'organisation, des structures composées de plusieurs agents.

Le modèle proposé intègre deux types d'agents participants et initiateur

1. **Agents participants** (négociateurs): représentent les différents acteurs concernés par la décision de groupe. A Chaque agent participant (négociateur) est associé
 - **Base de préférences:** regroupe les différentes alternatives (options) potentielles, classées de la meilleure à la moins bonne selon un ensemble de critères.
 - **Base de connaissances:** chaque agent participant est doté d'une base de connaissances, permettant de générer des arguments décisionnels utilisés lors de la négociation.
 - **Base d'argumentation:** regroupe les différents arguments décisionnels construits à partir de sa base de connaissances.

La notion de pouvoir ou de l'importance relative des acteurs (participants) a souvent été négligée dans les travaux relatifs à la décision de groupe. Ceci vient du fait que la majorité de ces travaux supposent que tous les acteurs ont la même importance, alors que la réalité décisionnelle est tout autre. Dans cette optique, à chaque agent participant est associé un poids pour représenter son importance et exprimer l'étendu de son pouvoir lors de la négociation.
2. **Agent initiateur:** au-delà des agents participants affectés par la décision de groupe, le modèle SMA intègre un autre type d'agent qui joue le rôle d'un médiateur, cet agent est responsable du bon déroulement de la négociation. Muni d'un système d'argumentation à base de coalitions, il a pour mission de :
 - Gérer des arguments décisionnels émis par les participants.
 - Rechercher un consensus satisfaisant en prenant comme point d'appui les arguments décisionnels émis par les participants lors de chaque tour de négociation.

3.3.2.2 Importance des agents participants

Déterminer le poids de chaque participant pour refléter l'étendu de son pouvoir lors de la décision de groupe est une tâche délicate. Pour faciliter cette tâche et essayer de refléter le plus possible la réalité, nous optons pour l'utilisation de l'échelle de Saaty [Saa ,80].

Souvent utilisée pour comparer les différents critères pris en compte lors d'un problème de décision multicritères, elle sera utilisée lors de cette étude pour définir le degré d'influence de chaque participant concerné par la décision de groupe.

Son principe va consister alors à comparer chaque participant à tous les autres, ces comparaisons sont établies sur une échelle sémantique (à 9 niveaux) comme illustré sur la table (4.3).

Jugement verbal	Évaluation numérique
extrêmement plus important	9 8
très fortement plus important	7 6
fortement plus important	5 4
modérément plus important	3 2
importance égale	1

Table4.3 : Echelle de Saaty

3.3.3 Système d'argumentation à base de coalitions

L'agent initiateur est doté d'un système d'argumentation jouant le rôle d'un *arbitre* qui évalue les arguments avancés par les participants et détermine lors de chaque tour l'offre à proposer. Contrairement aux différents systèmes d'argumentation proposés dans la littérature dans lesquels les données initiales sont un ensemble d'arguments. Dans cette étude, l'agent initiateur sera doté d'un système d'argumentation dont les entités de base sont des coalitions d'arguments [Ouf et al, 18].

Pourquoi utiliser la coalition d'arguments ?

Notre point de départ est les cadres d'argumentation à base de préférences introduits par Amgoud [Amg et al, 00] qui combinent deux relations différentes dans la définition d'un système d'argumentation : une relation d'attaque à laquelle s'ajoute une relation de préférence permettant de comparer les différents arguments.

Supposons que nous avons trois arguments émis par trois agents différents tels que : l'argument A_1 contrarie les arguments A_2 et A_3 qui soutiennent la même conclusion, la force de l'argument $(A_1)=10$ tandis que $\text{Force}(A_2)=7$ $\text{Force}(A_3)=4$. Si nous étions dans un contexte d'argumentation à base de préférences, nous ne pourrions donc pas tolérer A_2 et A_3 puisqu'ils sont contrariés par A_1 . Cependant comme nous nous plaçons dans un contexte de négociation, il serait plus intéressant de retenir les arguments A_2 et A_3 soutenant la même conclusion qui peut constituer un accord pour le groupe, puisqu'elle sera acceptée par la majorité des agents vu que deux agents ont émis des arguments en sa faveur.

Si nous regroupons les deux arguments A_2 et A_3 dans un même ensemble, ils deviendraient plus fort et ne seraient plus contrariés par l'argument A_1 . Dans cette optique, nous empruntons la notion de coalition largement connues dans les SMA [Akn et al ,04] pour l'adapter au contexte de cette étude et l'utiliser pour regrouper non pas les agents participants mais plutôt leurs arguments décisionnels soutenant la même alternative (conclusion).

Le système d'argumentation à base de coalitions proposé sera défini comme un triplet $(SC^t, CR_{att}^t, CPref^t)$ tels que :

- SC^t : est un ensemble de coalition d'arguments construit au tour t .
- CR_{att}^t : est une relation binaire sur SC^t qui représente la notion d'attaque entre coalitions ($CR_{att}^t \subseteq SC^t \times SC^t$) appartenant au tour t .
- $CPref^t$: est une relation de préférence entre les différentes coalitions de l'ensemble SC^t qui appartiennent au tour t .

Le système d'argumentation proposé s'inscrit dans la lignée des systèmes d'argumentation logique où les différents éléments constituant le système doivent formellement être définis.

Dans ce qui suit, nous allons [Ouf et, 18] :

- Proposer une méthode pour la formation des coalitions d'arguments,
- Définir la structure des coalitions d'arguments ainsi que les relations de contrariété et de préférences qui les relient,
- Enfin, déterminer l'ensemble des coalitions les plus acceptables.

La négociation peut avoir lieu en plusieurs tours durant lesquels les agents participants émettent des arguments décisionnels en faveur de leurs préférences, de ce fait le système d'argumentation proposé est susceptible de subir des modifications ou encore des enrichissements tout au long de l'évolution de la négociation.

3.3.4. Historique de négociation

L'agent initiateur est muni d'un historique de négociation où sont résumées les différentes étapes de la négociation, cette historique permet à l'initiateur de faire des retours en arrière afin de pouvoir utiliser des coalitions d'arguments construites lors d'un tour précédent dans le but d'enrichir son système d'argumentation [Ouf et al, 18].

3.3.5. Modèle de préférences

Les agents participants sont face à une situation décisionnelle caractérisée par l'implication de :

1. Multiples alternatives: ces alternatives (options) peuvent être des décisions possibles, des projets, des solutions réalisables, sites pour une localisation, etc... L'identification de toutes les alternatives possibles est une étape très importante, il est impératif que l'ensemble des alternatives soit complet car sa modification au cours de l'analyse peut provoquer une récurrence de l'analyse multicritères. L'ensemble des options (alternatives) possibles est donné par: $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$, tel que n représente nombre des alternatives candidates.

2. Multiples critères: le concept de critère est un outil conçu pour évaluer et comparer les différentes alternatives (options). La liste des critères obtenus doit être aussi complète que possible et vérifier les conditions d'exhaustivité, de cohérence et d'indépendance. L'ensemble des critères est donné par $C = \{C_1, \dots, C_m\}$ tel que m représente le nombre de critères.

L'ensemble des évaluations de chacune des alternatives (options) en fonction de chacun des critères, est stockées dans une matrice performance, commune et accessible à tous les agents participants.

Chaque agent participant possède des préférences concernant les options (alternatives) potentielles, afin de modéliser les préférences de chacun le plus fidèlement possible, nous optons pour l'utilisation des méthodes d'analyse multicritères [Roy, 85].

Dans la littérature, il existe un nombre impressionnant de procédures multicritères qui peuvent être classées selon le type du résultat produit par la méthode (choix, rangement, classification des alternatives) ou encore selon la méthode d'agrégation utilisée dans le traitement de la matrice de performance (agrégation totale, locale ou partielle) [Roy et al, 93]. Ayant déjà prouvé leur efficacité dans les problématiques environnementales, nous optons pour l'utilisation de méthodes d'analyse multicritères qui procèdent par agrégation partielle telles que les méthodes Electre III, PrometheeI, PrometheeII, PamssemII, etc...

Les méthodes appartenant à cette approche d'inspiration française procèdent en deux phases, d'abord elles comparent les alternatives deux à deux et vérifient si l'une des deux alternatives surclasse l'autre. Puis une synthèse des résultats de ces comparaisons est élaborée afin d'apporter des éléments de réponse à la situation décisionnelle posée [Roy et al, 93].

Tous les agents participants sont dotés de la même méthode d'analyse multicritères procédant par agrégation partielle traitant une problématique de type γ (procédure de rangement) [Roy et al, 93] dans le but d'obtenir un classement des options (alternatives) de la meilleure à la moins bonne selon un ensemble de critères.

Après avoir accédé à la matrice de performance, chaque participant introduit ses propres informations préférentielles qui peuvent prendre la forme seuils de discrimination, seuils de veto, coefficients d'importance relative à chaque critère, etc ...).

Ces intrants sont alors agrégés et exploités en vue d'obtenir une base de préférence où seront classées les différentes alternatives (options) selon un ordre de préférence décroissante (de la meilleure à la moins bonne). Chaque option de la base de préférence reçoit un rang. Tel que la meilleure option (alternative) reçoit un rang égal à un, ce rang est à chaque fois incrémenté de 1 pour les options (alternatives) suivantes.

Au delà d'offrir aux participants la possibilité d'exprimer leurs préférences concernant les différentes options selon un ensemble de critères. L'utilisation de méthode d'analyse multicritères permettra à chaque participant :

- D'alimenter sa base de connaissances où vont être capturées les différentes étapes nécessaires pour l'obtention de sa base de préférence. En effet, c'est à partir de cette base de connaissances que vont être générés des arguments décisionnels utilisés lors de la négociation, pouvant apporter des justifications quant aux préférences de l'agent participant pour certaines alternatives par rapport à d'autres.
- D'utiliser le rang de chaque alternative dans la base de préférence comme paramètre, dans le calcul du degré de pertinence des arguments décisionnels.

3.3.6 Protocole de négociation proposé

Le protocole de négociation proposé est basé sur l'argumentation, il met en scène deux types d'agents, un agent initiateur et un ensemble d'agent négociateurs (participants). Nous souhaitons définir un protocole de négociation qui réponde à l'ensemble des hypothèses suivantes [Ouf et al, 18] :

- Aucun des agents négociateurs n'a le droit de se retirer de la négociation avant la fin du processus.
- Les agents ne discutent que d'une seule offre à la fois, une nouvelle offre ne peut être proposée avant de prouver que l'offre courante est totalement inacceptable.
- Le protocole proposé permet de respecter le caractère privé des informations des agents et leurs stratégies de décision. Cela implique qu'aucun agent participant n'a connaissance des préférences des autres agents.

3.3.6.1. Fonctionnement générale du protocole proposé

Afin d'arriver à un consensus satisfaisant, le protocole de négociation proposé procède en cinq phases: une phase de construction arguments, une phase de proposition, une phase d'évaluation, une phase de révision et enfin une phase de décision finale [Ouf et al, 18].

1. La phase de construction des arguments : cette phase est synonyme du début de la négociation. Les agents participants (négociateurs) sont tenus de construire des arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives (options) préférées.

2. La phase de proposition : durant cette phase, l'initiateur fait une proposition concernant une option (ressource) donnée, cette proposition peut être destinée à la totalité ou seulement à une partie des agents participants. Ces derniers peuvent soit accepter soit refuser la proposition.

3. La phase d'évaluation : l'initiateur comptabilise le nombre d'agents ayant accepté sa proposition ou ayant émis un argument en sa faveur. Si ce nombre est supérieur ou égal à un certain seuil⁶ alors la négociation est un succès sinon il doit modifier sa proposition.

4. La phase de révision : Cette phase se déroule en deux étapes, d'abord les participants sont appelés à émettre leur arguments susceptibles d'apporter des explications quand à leur refus ou acceptation de la proposition. Prenant comme point de départ ces arguments décisionnels, l'initiateur tente de réviser sa proposition.

5. La phase de décision : c'est la dernière phase du protocole suggéré, elle est synonyme de la fin de la négociation, un consensus est trouvé.

3.3.6.2 Les caractéristiques du protocole proposé

Un protocole de négociation est un ensemble de règles communes à tous les agents qui gère le bon déroulement de la négociation. Le protocole proposé est un tuple <ressource de négociation, cardinalité, performatives, nombre d'accords, langage logique> défini à partir d'un ensemble de paramètres que nous allons exposer lors de cette section [Ouf et al, 18].

⁶ Seuil indispensable pour que la négociation soit un succès

- **Langage logique** : dénote un langage logique qui peut être un langage propositionnel, du premier ordre (logique des prédicats) utilisé pour :
 - Représenter les connaissances de l'agent regroupées dans une base de connaissances.
 - Définir la structure des arguments décisionnels.
- **Les ressources de la négociation** : les ressources sont les objets de la négociation. Elles peuvent être soit personnelles soit communes, dans notre cas elles sont communes ce sont les alternatives (options, décision) potentielles. Le but de chaque participant est que son option (ressource) préférée soit choisie après négociation.
- **Les primitives de la négociation** : Pour mener à terme un processus de négociation entre agents, il est nécessaire de définir des primitives spécifiques à l'initiateur et d'autres primitives spécifiques aux participants.

a) Les primitives spécifiques à l'initiateur

Trois primitives de négociation sont associées à l'initiateur :

1. **Propose ()** : l'agent initiateur envoie ce message pour faire une proposition concernant une ressource (option) donnée, ce message peut être destiné à la totalité ou à une partie des agents participants.
2. **Request ()** : l'initiateur envoie ce message aux participants pour les inciter à émettre un argument décisionnel soit pour expliquer les raisons qui les ont amenées à refuser ou accepter son offre, soit pour faire avancer la négociation.
3. **Confirm()** : l'agent initiateur envoie ce message à tous les agents pour les informer que la négociation a été un succès et qu'un compromis a été trouvé .

b) Les primitives spécifiques au participant

Le participant dispose de trois primitives de négociation :

1. **Inform ()** : par ce message, un participant indique à l'agent initiateur avoir émis un argument décisionnel.
2. **Accept ()** : ce message permet à un agent participant d'exprimer qu'il accepte la proposition faite par l'initiateur.
3. **Refuse ()** : ce message permet à un agent participant d'exprimer à l'initiateur qu'il refuse son offre.

La figure (4.3) représente les différentes primitives associées à l'agent initiateur et participant à travers un diagramme UML de séquences.

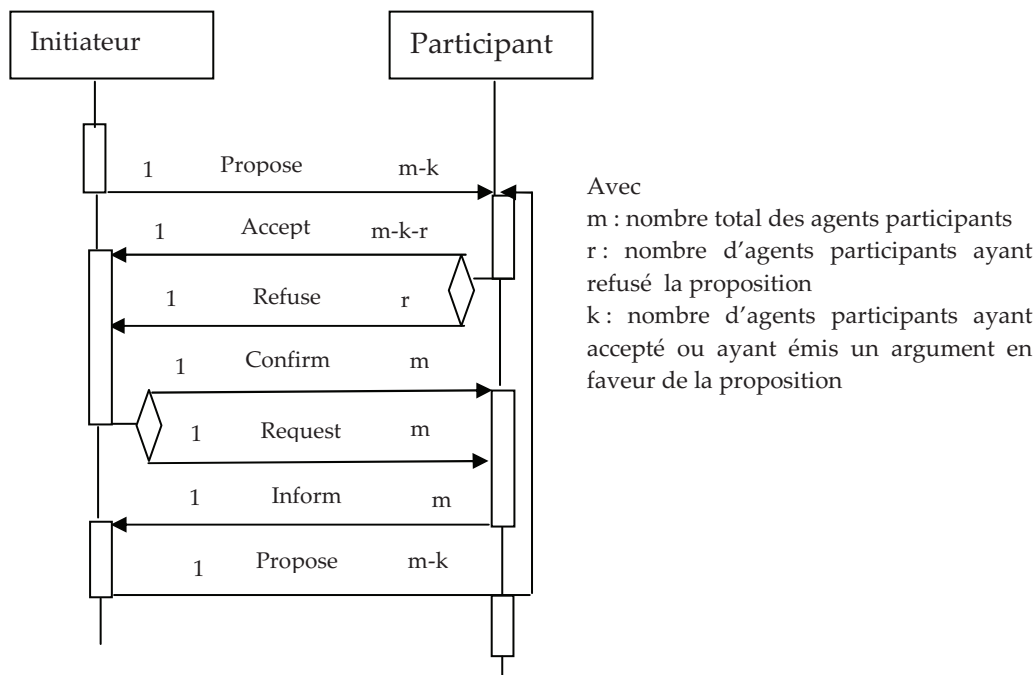


Figure 4.3 : Diagramme de séquences UML du protocole de négociation proposé

- **Le nombre d'accords (seuil d'acceptation)** : pour que la négociation soit un succès, l'initiateur doit se référer à un paramètre fixé au départ représentant le nombre minimal d'acceptation nécessaires pour que la négociation soit un succès.
- **La cardinalité de la négociation** : c'est une notion importante pour les SMA. Il s'agit de savoir combien d'agents négocient entre eux, le protocole proposé permet une négociation de type 1 à n , il met en scène un agent initiateur et un ensemble d'agents négociateurs.
- **Nombre de tour de parole** : afin de ne pas avoir une phase de conversation infinie, nous avons défini le nombre de tours de négociation lorsque ce nombre de tours est dépassé, la négociation est un échec.
- **Retour arrière** : dans le protocole suggéré, seul l'initiateur est autorisé à faire des retours en arrière au cours de la négociation dans le but d'exploiter des coalitions construites lors des tours antérieurs.

3.3.7 Stratégies de négociation

Dans cette section, nous présentons les différentes stratégies de négociation associées aux agents participants et initiateur. Ces stratégies sont basées sur l'argumentation, processus de raisonnement basé sur la construction d'arguments puis sur la sélection des arguments acceptables en fonction de leurs interactions.

Les agents participants auront pour mission principale de construire des arguments en faveur de leur préférence. Le fait de munir ces agents d'une capacité à argumenter leur donne la possibilité de défendre leur alternatives préférées lors de la négociation et augmente leurs chances de trouver des accords, tandis que l'initiateur aura pour mission la gestion des arguments et le choix de l'offre à proposer lors de chaque étape de la négociation [Ouf et al, 18].

3.3.7.1 Les stratégies des participants

Nous associons à chaque agent participant trois stratégies de négociation :

– ***Stratégie1 : Construction des arguments décisionnels***

Un problème central dans l'étude de l'argumentation est celui de la génération d'arguments et la sélection des plus pertinents d'entre eux pour les présenter à son interlocuteur.

La notion d'argument est au cœur du processus d'argumentation. Un argument de manière générale est une explication, une preuve ou une justification pour une conclusion pouvant être une croyance, un but, un point de vue ou encore une décision (alternative) dans un contexte décisionnel.

Construire un argument décisionnel expliquant une recommandation ou une décision, soulève de nombreuses questions, dont les principales sont :

- *Quelles est la forme et/ou la structure d'un tel argument?*
- *Quelles sont les informations qui doivent être utilisées pour expliquer cette recommandation ?*

Chaque agent participant exprime ses préférences concernant les différentes options (alternatives, ressources) potentielles. Expliquer la préférence d'un participant i pour une option x par rapport à une autre option y selon un ensemble de critères conflictuels revient à pouvoir répondre aux questions suivantes :

1. Pourquoi l'option x est rangée avant l'option y dans sa base de préférence?

Nous tentons de répondre à cette question en construisant des explications qui prennent appui sur les informations préférentielles des agents participants et la méthode d'agrégation⁷ utilisée pour l'obtention de sa base préférences [Ouf et al ,18].

2. Comment sont générés les arguments décisionnels ?

A chaque agent participant est associée une base de connaissances à partir de laquelle un ensemble d'arguments décisionnels est généré. Cette dernière est exprimée selon un langage logique L et regroupe des informations concernant les différentes options (ressources), les critères d'évaluation, les informations préférentielles du participant i ainsi que des règles de préférence permettant d'expliquer les conditions à vérifier pour qu'une option (ressource) soit déclarée meilleure qu'une autre selon un ensemble de critères conflictuels [Ouf et al ,18].

3. Quelle sera l'utilité des arguments décisionnels lors de la négociation ?

Chaque agent participant utilise ses arguments décisionnels pendant la négociation pour justifier lors d'un refus pour quelles raisons la ressource (alternative, option) défendue par son argument est meilleure par rapport à celle proposée par l'initiateur et lors d'une acceptation pourquoi selon lui la ressource proposée par l'initiateur et soutenue par son argument est meilleure par rapport aux autres ressources.

Ces arguments seront par la suite exploités par l'initiateur dans la recherche de consensus qui puisse satisfaire les participants [Ouf et al ,18].

⁷ Une règle permettant d'établir sur la base d'un tableau de performances et d'un ensemble de paramètres préférentiels des recommandations

4. Quel est la structure logique des arguments décisionnels proposés ?

Tous les agents participants utilisent la même définition d'argument. Inspiré par les différents travaux proposés dans la littérature [Elv et al, 93] nous définissons un argument décisionnel comme une paire $\langle \text{prémisses}, \text{conclusion} \rangle$ construite à partir d'une base de connaissance exprimée selon un langage logique et stratifiée en plusieurs sous bases [Ouf et al, 18].

Définition 1 (structure d'un argument)

Un argument A^r est une paire $\langle H^r, h^r \rangle$

$H^r \subseteq \Sigma^r$

H^r est consistant

$H^r \vdash h^r$

$h^r \in D^r$ tel que $D^r = \{O^r, \neg O^{r+1}, \neg O^{r+2}, \dots, \neg O^{n-1}\}$

H^r est minimale

Tel que

$\text{Supp}(A^r) = H^r$ (représente le support de l'argument)

$\text{Con}(A^r) = h^r$ (représente la conclusion de l'argument).

Σ^r : contient des informations qui concernent l'option (ressource) dont le rang = r ainsi que toutes les autres options qui sont classées derrière elle dans la base de préférence.

La sous base Σ^1 par exemple contient des informations concernant l'option classée première dans la base de préférence ainsi que sur toutes les autres options classées derrière elle.

O^r : correspond à une option (ressource, alternative) exprimée selon le langage logique L , dont le rang est égale à r dans la base de préférence d'un agent participant.

A^r est un argument construit à partir de la base de connaissance Σ^r .

L'agent participant à la possibilité de construire des arguments décisionnels en faveur ou en défaveur d'une option candidate, de ce fait deux types d'arguments peuvent être construits à partir de chaque sous base [Ouf et al, 18] :

- a) **Argument type1:** il concerne une paire d'options et explique pourquoi selon un ensemble de critères conflictuels, un agent participant ne préfère pas une option x comparée à une autre option y classée avant elle. Ceci est dû à l'existence de critères positifs plus au moins forts qui contribuent à la préférence de l'option y par rapport à x et / ou d'autres critères dits négatifs qui sont opposés à la préférence de l'option x à y (par exemple: dépassement au niveau du seuil de veto) [Ouf et al, 18].
- b) **Argument type2:** il explique pourquoi une option x est choisie et considérée comme préférée à toutes les autres options classées après elle [Ouf et al, 18].

– *Stratégie 2: Sélection et établissement d'un ordre entre arguments pertinents*

Le problème de sélection d'arguments se traduit par le fait qu'il existe un certain nombre d'arguments candidats que l'agent participant peut présenter à son interlocuteur. Dans cette optique, nous devons répondre aux questions suivantes :

- *Comment l'agent participant doit procéder pour pouvoir sélectionner les meilleurs arguments à présenter à l'initiateur lors de la négociation ?*
- *Quel sont les critères à prendre en considération pour choisir un argument décisionnel parmi plusieurs ?*

Plusieurs critères peuvent être utilisés pour comparer les arguments décisionnels, nous pouvons préférer un argument à un autre si le premier argument contient plus d'informations ou de prémisses que le second, prendre en compte le niveau de certitude de la connaissance impliquée dans le support de l'argument ou encore faire intervenir la notion de temps et choisir les arguments les plus récents [Amg et al, 02].

Plusieurs arguments potentiels peuvent être construits à partir de chaque sous base de connaissance, cependant chaque agent participant privilégie l'argument le plus générale qui contient plus d'informations, de ce fait un argument est considéré comme pertinent pour un agent donné s'il est capable d'expliquer la préférence d'une option par rapport à toutes les autres options ayant un rang supérieur au sien, de ce fait nous proposons de définir les arguments décisionnels pertinents comme suit [Ouf et al ,18].

Définition2 (argument pertinent)

A_i^r est un argument pertinent émis par le participant i lors du tour t , si et seulement si

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Supp}(A_i^r) = \bigcup_{k=1}^m \text{Supp}(x_k^r) \quad \text{pour } k=1, 2, \dots, m \\ \text{Con}(A_i^r) = O_i^r \end{array} \right.$$

Tel que

x_k^r : est un sous argument de A_i^r

n : nombre total des sous arguments.

Définition 3(sous arguments)

Soit deux argument $x_i^r (H_1, h_1)$ et $A_i^r (H_2, h_2)$ généré à partir de la base de connaissance Σ^r

x_i^r est appelé sous argument de A_i^r , si et seulement si $\text{Supp}(x_i^r) \subseteq \text{Supp}(A_i^r)$

Après sélection des différents arguments pertinents qui seront utilisés lors de la négociation, les agents participants doivent déterminer quel est le meilleur argument à avancer lors de chaque tour de la négociation argumentée.

Comment ordonner les arguments décisionnels dans les bases d'argumentation ?

Les agents participants prennent en compte le rang des alternatives défendues par leurs arguments décisionnels dans le but de favoriser les arguments soutenant les alternatives les mieux classées dans leurs bases de préférence. Chacun des agents participants, stocke ses arguments décisionnels dans sa base d'argumentation respective, chaque argument pertinent hérite du rang de l'alternative qu'il supporte ainsi l'argument soutenant l'option classée première dans sa base de préférence hérite de son rang et sera émis lors du premier tour de négociation ainsi de suite [Ouf et al ,18].

– ***Stratégie3 : Stratégie d'acceptation/refus***

La négociation peut se dérouler en plusieurs tours jusqu'à ce qu'un compromis soit trouvé. A chaque nouveau tour, le participant peut recevoir une nouvelle proposition. Ce dernier accède à sa base d'argumentation et vérifie [Ouf et al ,18].

- Si pour le tour t , il existe dans sa base un argument qui supporte l'offre (ressource) proposée par l'initiateur alors, il accepte la proposition.
- Sinon, il refuse la proposition de l'initiateur.

3.3.7.2 Les Stratégies de l'initiateur

L'agent initiateur est responsable du bon déroulement de la négociation est de la recherche d'un accord qui puisse satisfaire les participants en prenant comme point de départ les arguments décisionnels émis par ces derniers. Nous associons à cet agent deux stratégies à utiliser lors de la négociation [Ouf et al ,18].

– ***Stratégie1 : Stratégie de décision***

A chaque nouveau tour, l'agent initiateur fait une nouvelle proposition aux participants. Après réception de leur réponses, il comptabilise le nombre d'agents ayant accepté sa proposition lors du tour t ou ayant émis un argument décisionnel en faveur de cette proposition lors d'un tour antérieur.

- Si ce nombre est supérieur ou égale au seuil d'acceptation, ceci est synonyme que pour la majorité des agents il existe des arguments en faveur (qui soutiennent) de l'offre proposée par l'agent initiateur. Cette offre est donc acceptable, un consensus est trouvé et la négociation est un succès.
- Sinon, l'agent initiateur doit trouver une nouvelle proposition qui pourrait satisfaire les agents participants, en se basant sur les différents arguments émis par ces derniers.
- Enfin si le nombre de tours de paroles est dépassé et que l'agent initiateur n'arrive toujours pas à trouver une proposition qui peut satisfaire les participants, il lui est incombé de prendre la décision finale qui va porter sur la proposition ayant reçue le plus grand taux d'acceptation lors des différentes phases de négociation [Ouf et al ,18].

– ***Stratégie2: Stratégie de proposition***

Le choix de l'offre à proposer lors d'une étape donnée de la négociation est une question primordiale qui peut avoir une grande influence sur le succès de la négociation.

- Lors du premier tour, le choix de la ressource à proposer aux participants se fait d'une manière aléatoire.
- A partir du second tour, l'agent initiateur est guidé par son système d'argumentation dans le choix des propositions à faire aux participants. L'agent initiateur sera doté d'un système d'argumentation dont les éléments de base sont des coalitions d'arguments.

De ce fait, cet agent passe par plusieurs étapes avant de trouver la coalition optimale. La conclusion soutenue par les arguments constituant cette coalition sera proposée aux participants [Ouf et al, 18].

■ *Phase 1 : Construction des coalitions d'arguments*

L'agent initiateur est doté d'un système d'argumentation logique dont l'entité de base est la coalition d'arguments par conséquent il est indispensable de définir formellement la structure d'une coalition d'argument et surtout définir les différentes étapes nécessaires pour la formations de ces coalitions [Ouf et al, 18].

– *Etape1: Définition des interactions inter-arguments*

Dans l'approche argumentative, les arguments et les interactions sont des citoyens de première classe. Dans cette optique, après réception des arguments décisionnels l'agent initiateur se lance dans l'établissement des interactions qui relient les arguments.

Dans la plupart des systèmes d'argumentation il n'existe qu'un seul type d'interaction entre arguments nommé relation de contrariété. Nous parlons alors de la notion de conflit entre arguments [Dun, 95]. Lors de cette étude, nous avons fait le choix de considérer un deuxième type d'interaction qui peut relier les arguments décisionnels beaucoup moins utilisé en argumentation classique malgré son intérêt évident, il s'agit des relations d'appuis. En effet si un argument peut contrarier un autre argument il est aussi envisageable qu'un argument soit capable d'en aider un autre [Ouf et al, 18].

Pourquoi utiliser deux types d'interactions ?

Lors du déroulement d'une négociation, un agent peut utiliser ses arguments pour apporter une objection sur une proposition faite par autre un agent et soutenue par un argument, cependant, il peut aussi à travers son argument venir appuyer l'argument en faveur de cette proposition, cette relation est considérée comme une interaction positive du fait qu'un argument vient aider ou soutenir un autre argument. C'est ainsi que les arguments décisionnels émis par les participants seront reliés soit par des relations d'attaques ou de supports que nous définissons comme suit [Ouf et al, 18].

Definition4 (relation attaque)

Soient $(A_i^t, B_j^t) \in ARG^t$, $(A_i^t R_{att}^t B_j^t)$ si et seulement si $\exists b_i^t$ un sous argument de A_i^t tel que $Conc(b_i^t) \equiv \neg Conc(B_j^t)$.

Définition 5 (relation support)

Soient $(A_i^t, B_j^t) \in ARG^t$, $(A_i^t S_{sup}^t B_j^t)$ si et seulement si $[Conc(A_i^t) \equiv Conc(B_j^t)]$

Tel que

ARG^t : représente l'ensemble des arguments décisionnels émis par les participants lors du tour t.

A_i^t : représente un argument décisionnel émis par le participant i lors du tour t.

B_j^t : représente un argument décisionnel émis par le participant j lors du tour t.

– *Etape2 : Evaluation des Arguments Décisionnels*

A chaque nouveau tour, l'agent initiateur reçoit un ensemble d'arguments décisionnels émis par les différents participants. L'initiateur associe une force à chaque argument pour exprimer son importance lors de l'interaction. La force d'un argument est un poids attribué à ce dernier afin de pouvoir le comparer avec d'autres arguments émis par d'autres agents. La qualité des croyances et des informations constituant l'argument sont les critères les plus utilisés dans la littérature pour le calcul de la force d'un argument [Amg et al, 02]. Les différents travaux proposés dans la littérature ne prennent pas en considération l'importance ou le statut de l'agent émettant l'argument. En effet, un argument émis par un agent avec un poids important devrait avoir plus d'impact qu'un argument émis par un agent de moindre poids [Ouf et al, 18].

De ce fait, nous proposons que l'agent initiateur utilise une formule pour calculer la force d'un argument décisionnel qui privilégie autant les arguments en faveur des alternatives les mieux classées que les participants ayant un pouvoir important..

$$\text{Force} (A_i^t) = \text{Poids} (\text{participant}[i]) * [n - \text{Rang} (\text{Conc} (A_i^t), \text{participant}[i]) + 1] \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

Poids (participant[i]) : représente le poids de l'agent participant i

Rang (Conc (A_i^t), participant[i]): représente le rang de l'alternative défendue par l'argument A_i^t dans la base de préférence du participant i.

– *Etape3 : Formation de coalition d'arguments*

L'agent initiateur doit faire face à un ensemble d'arguments ayant une importance différente reliée entre eux par des relations d'attaque ou d'appui. Dès lors, l'idée de regrouper tous les arguments décisionnels en faveur de la même option (ressource) dans un même ensemble, groupe ou coalition nous a semblé intéressante [Ouf et al, 18].

Comment sont formées les coalitions d'arguments ?

L'agent initiateur exploite la relation de support (appui) définie précédemment dans la construction des coalitions d'arguments, de ce fait tous les arguments reliés par une relations de support seront regroupés dans une même coalition tandis que la relation d'attaque sera utilisée par la suite pour définir les relations conflictuelles reliant les différentes coalitions [Ouf et al, 18]. Dans ce qui suit, nous présentons les principes de base pris en compte pour la définition d'une coalition par la suite nous définissons en détails la structure des coalitions d'arguments.

Définition 6 (Coalition d'arguments)

Soient $A_i^t, B_j^t, \alpha_l^t \in \text{ARG}^t$

1) $\forall (A_i^t, B_j^t) \in \text{ARG}^t$ si $(A_i^t S_{\text{sup}}^t B_j^t)$ alors $(A_i^t, B_j^t) \in C_k^t$

2) si C_k^t est un ensemble maximal pour l'inclusion ensembliste et vérifie la condition1 alors l'ensemble C_k^t est une coalition d'arguments.

3) si $\exists \alpha_i^t \notin C_k^t$ pour $k=1, 2, \dots, n$ alors α_i^t est une coalition singleton.

ARG^t : représente l'ensemble des arguments décisionnels émis par les participants lors du tour t .

A_i^t : représente un argument décisionnel émis par le participant i lors du tour t .

B_j^t : représente un argument décisionnel émis par le participant j lors du tour t .

α_l^t : représente un argument décisionnel émis par le participant l lors du tour t .

Définition 7 (structure d'une coalition)

Une coalition d'argument C_k^t est un triplet $\langle AR_k^t, O_k^t, V_k^t \rangle$ tel que

AR_k^t : est un sous ensemble d'arguments constituant la coalition C_k^t

O_k^t : est la conclusion supportée par les arguments composant la coalition C_k^t

V_k^t : représente la valeur de la coalition.

Les différentes coalitions construites lors du tour t seront regroupées dans de l'ensemble SC^t défini comme suit.

Définition 8 (ensemble de coalitions)

$SC^t = \{C_1^t, C_2^t, \dots, C_m^t\}$ représente l'ensemble des coalitions construites lors du tour t

$$\text{Tel que } \left\{ \begin{array}{l} \forall k \in [1 \dots m] \ C_k^t \neq \emptyset \\ \forall i, j \in [1 \dots m]^2 \Rightarrow C_i^t \cap C_j^t = \emptyset \text{ avec } i \neq j \\ \bigcup_{k=1}^m C_k^t = ARG^t \end{array} \right\}$$

■Phase2: Enrichissement et révision des ensembles de coalitions (cette phase est valable à partir du tour 2)

L'agent initiateur est muni d'un historique de la négociation qui permet de garder une trace des différentes étapes de la négociation. Cet historique est composé de deux sous bases.

1. R_{att}^{t-1} : stocke la liste des attaques inter-argument enregistrés au tour $t-1$
2. SC^{t-1} : stocke toutes les coalitions d'arguments construites lors tour $t-1$.

A chaque nouveau tour, l'initiateur reçoit un ensemble d'arguments. Après établissement des relations d'interactions (attaques et supports) et construction de coalitions d'arguments mais avant de se lancer dans le calcul des coalitions d'arguments les plus acceptables, l'agent initiateur accède à son historique de négociation qui contient déjà les différentes coalitions d'arguments ainsi que tous les détails concernant les arguments décisionnel et les relations d'attaques établis lors du tour $(t-1)$. L'agent initiateur pourrait se servir de ces coalitions d'arguments stockées dans l'historique de négociation pour étendre son nouvel ensemble de coalitions établit lors du tour t .

L'idée la plus simple alors consisterait alors à fusionner les deux ensembles de coalition SC^t et SC^{t-1} en un seul et nouvel ensemble de coalition enrichi $SC^{t'}$ qui englobera l'ensemble des coalitions d'arguments appartenant aux deux tours (t, t-1) tel que $SC^{t'} = SC^t \cup SC^{t-1}$

$SC^{t'}$: regroupe l'ensemble des coalitions établit lors des tours (t,t-1)

SC^t : regroupe l'ensemble des coalitions établit lors du tour t.

SC^{t-1} : regroupe l'ensemble des coalitions établit lors du tour t-1.

La fusion des deux ensembles de coalitions SC^t et SC^{t-1} permettra d'offrir une vue plus globale du problème traité et favoriser les ressources (options) les plus préférées puisque les coalitions d'arguments qui les soutiennent seront toujours dans la course [Ouf et al, 18].

C'est ainsi qu'à chaque nouveau tour le système d'argumentation sera enrichi au fur et à mesure que la négociation avance.

Par ailleurs, fusionner deux ensembles de coalitions distincts appartenant à deux tours différents est une tâche délicate qui peut entraîner des incohérences dans le nouvel ensemble $SC^{t'}$ d'où la nécessité de se lancer dans une phase de révision dont le but consiste alors à préserver la consistance et la cohérence de l'ensemble de coalitions obtenu après fusion. Cette révision peut toucher les coalitions, les arguments qui les constituent ou encore les relations d'attaques reliant les arguments décisionnels.

- *Etape1: Suppression de prémisses (sous arguments) et relations d'attaques appartenant au tour (t-1)*

Un argument pertinent émis par un agent participant au tour t-1 appartenant à une coalition donnée attaque tout argument ayant une conclusion qui contredit la conclusion d'un de ses sous arguments. Cependant l'énonciation des nouveaux arguments au tour t qui véhiculent de nouvelles informations et sont en faveur de nouvelles ressources (options) représentant la préférence du participant cette fois ci au tour t, pousse l'initiateur à remettre en cause des connaissances considérées jusque-là comme acquises. Dans cette optique, l'agent initiateur est dans l'obligation de passer par une phase de révision qui va d'abord toucher les arguments appartenant aux coalitions du tour t-1, ce n'est pas tout l'argument qui sera compromis et doit être supprimé mais seulement une partie de sa prémisse (un sous-argument) qui sera éliminé. L'agent initiateur se lance dans la suppression de certaines prémisses d'arguments qui sont en contradiction avec les nouvelles informations émises lors du tour t ce qui entraînera automatiquement l'élimination de certaines relations d'attaques. Nous définissons les opérations de suppression de prémisses et d'attaques comme suit [Ouf et al, 18] :

Definition9 (Suppression de prémisses (round t-1))

Soient $A_i^{t-1}, A_i^t \in C_i^{t-1}, C_j^t$, si $\exists b_i^{t-1}$ un sous argument de A_i^{t-1} et $\text{Conc}(b_i^{t-1}) \equiv \neg \text{Conc}(A_i^t)$

alors $\text{Supp}(A_i^{t-1}) = \text{Supp}(A_i^{t-1}) - \{b_i^{t-1}\}$

Définition10 (Suppression relation attaque ((round t-1))

Soient $(A_i^{t-1}, B_j^{t-1}, A_i^t) \in C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^{t-1}, C_k^t$, et $R \in R_{att}^{t-1}$ si $[(A_i^{t-1} R B_j^{t-1}) \text{ et } (\text{Conc}(B_j^{t-1}) \equiv \text{Conc}(A_i^t))]$ alors $[(A_i^{t-1} \neg R B_j^{t-1}) \text{ et } R_{att}^{t-1} \ominus R]$

Tel que

A_i^{t-1}, A_i^t : des arguments décisionnels émis par le participant i lors des tours t et t-1.

B_j^t : un argument décisionnel émis par le participant j lors des tour t.

C_k^t : une coalitions d'arguments décisionnels construites lors du tour t.

$C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^{t-1}$ des coalitions d'arguments décisionnels construites lors du tour t-1(avec $i' \neq j'$)

– *Etape2 : Addition d'une nouvelle relation d'attaque*

Le second problème que va poser la fusion est l'apparition de nouvelles relations d'attaques inexistantes jusque-là qui peuvent relier les arguments décisionnels composant des coalitions appartenant à deux tours différents. De ce fait, il est indispensable d'identifier les arguments décisionnels qui seront concernés par cette opération afin d'établir les nouvelles relations d'attaques qui vont les relier .L'opération d'ajout des nouvelles relations d'attaque est définie comme suit [Ouf et al, 18].

Définition 11 (Addition relations d'attaques entre arguments du tour (t, t-1))

- Soient $(A_i^{t-1}, B_j^{t-1}, A_i^t) \in C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^{t-1}, C_k^t$, $R \in R_{att}^{t-1}$ et $R' \notin R_{att}^{t,t-1}$ si $(A_i^{t-1} R B_j^{t-1})$ alors $[(A_i^t R' B_j^{t-1}) \text{ et } R_{att}^{t,t-1} \oplus R']$

-Soient $(A_i^t, B_j^t, A_i^{t-1}) \in C_{i'}^t, C_{j'}^t, C_k^{t-1}$, $R \in R_{att}^{t-1}$ et $R' \notin R_{att}^{t,t-1}$ si $(A_i^t R B_j^t)$ alors $[(A_i^{t-1} R' B_j^t) \text{ et } R_{att}^{t,t-1} \oplus R']$

Tel que

A_i^{t-1}, A_i^t : des arguments décisionnels émis par le participant i lors des tours t et t-1.

B_j^{t-1}, B_j^t : des arguments décisionnels émis par le participant j lors des tour t et t-1.

$C_{i'}^t, C_{j'}^t, C_k^t$: des coalitions d'arguments construites lors du tour t (avec $i \neq j \neq k$)

$C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^{t-1}, C_k^{t-1}$: des coalitions d'arguments construites lors du tour t-1(avec $i \neq j \neq k$)

R_{att}^{t-1} : ensemble des attaques établis lors du tour t-1 (après suppression).

$R_{att}^{t,t-1}$: ensemble des attaques établis entre argument qui appartiennent aux tours t et t-1

Le nouvel ensemble de toutes les relations d'attaques $R_{att}^{t'} = R_{att}^t \cup R_{att}^{t-1} \cup R_{att}^{t,t-1}$ est stocké dans l'historique de négociation.

– *Etape3 : Elimination des redondances au niveau des coalitions*

Il est possible que l'ensemble $SC^{t'}$ puisse contenir des coalitions appartenant à deux tours différents cependant constituées d'arguments supportant la même conclusion, par conséquent l'opération de révision va toucher cette fois ci non pas les arguments mais les

coalitions d'arguments, le but de cette opération est d'éliminer toute redondance dans l'ensemble étendu, cette dernière opération est définie comme suit.

Définition 12

Soient $C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^t \in SC^{t'}$ $\left\{ \begin{array}{l} C_{i'}^{t-1} < AR_{i'}^{t-1}, O_{i'}^{t-1}, V_{i'}^{t-1} > \text{ si } O_{i'}^{t-1} \equiv O_{j'}^t \text{ alors} \\ C_{j'}^t < AR_{j'}^t, O_{j'}^t, V_{j'}^t > \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} C_{k'}^t = C_{i'}^{t-1} \cup C_{j'}^t \\ SC^{t'} \ominus \{C_{i'}^{t-1}, C_{j'}^t\} \\ SC^{t'} \oplus C_{k'}^t \end{array} \right.$

$C_{i'}^{t-1}$: coalition d'arguments établie lors du tour t-1

$C_{j'}^t$: coalition d'arguments établie lors du tour t.

Enfin l'ensemble des coalitions d'arguments $SC^{t'}$ après fusion et révision sera stocké dans l'historique de négociation.

■ **Phase3: Etablissement des relations d'interaction inter coalitions**

Comme nous nous plaçons dans le cadre de la logique argumentative, après avoir défini la structure d'une coalition d'argument, il est impératif de définir les relations de contrariété et de préférences qui relient les coalitions d'arguments.

– **Etape1 : Etablissement des Relations d'attaques**

L'agent initiateur se lance dans l'établissement des relations d'attaques reliant les différentes coalitions en prenant comme point de départ les relations de contrariété qui peuvent relier les arguments constituant les coalitions. La relation d'attaque inter coalitions sera définie comme suit [Ouf et al, 18].

Définition13 (relation attaque)

Soient $B_j^t \in C_{j'}^t$, $A_i^t \in C_{i'}^t$ et $C_{i'}^t, C_{j'}^t \in SC^{t'}$ Si $A_i^t R_{att}^{t'} B_j^t$ alors $C_{i'}^t CR_{att}^t C_{j'}^t$

– **Etape2 : Etablissement des Relations de préférences**

Une coalition peut être constituée d'un ou de plusieurs arguments décisionnels. Afin de pouvoir différencier les coalitions et favoriser les plus puissantes, une force est attribuée à chaque coalition. Cette valeur est calculée en prenant en considération le poids des arguments décisionnels qui constituent chaque coalition. La notion de force envisagée peut typiquement être modélisée sous forme d'une relation de préférence entre coalition définie comme suit [Ouf et al, 18].

Définition 14 (relation de préférence)

Soient $C_{i'}^t, C_{j'}^t \in SC^{t'}$, $C_{i'}^t$ est préférée à $C_{j'}^t$, si et seulement si : valeur ($C_{i'}^t$) > valeur ($C_{j'}^t$). On

note alors $C_{pref}^t(C_{i'}^t, C_{j'}^t)$ Tel que : valeur ($C_{i'}^t$) = $\sum_{i=1}^n \text{Force}(A_i^t)$, $A_i^t \in C_{i'}^t$, pour $i=1 \dots n$

Dans le contexte de notre étude, la relation de contrariété reliant les différentes coalitions sera redéfinie en prenant en considération la relation d'attaque et de préférence.

Définition 15 (relation Défaite)

Soient $C_i^t, C_j^t \in SC^t$, C_i^t défait C_j^t si et seulement si $CR_{att}^t(C_i^t, C_j^t)$ et $\neg C_{pref}^t(C_j^t, C_i^t)$. Par conséquent l'attaque de la coalition C_i^t contre la coalition C_j^t peut échouer si C_j^t est préférée à C_i^t .

■Phase4 : Sélections de coalition(s) acceptable(s)

L'objectif final du système d'argumentation proposé consiste à déterminer dans quelle mesure une coalition d'argument est acceptable ou non.

Dans le cadre de Dung [Dun, 95] l'acceptabilité d'un argument dépend de son appartenance à certains ensembles appelés ensembles acceptables ou extensions. Ces extensions sont caractérisées par des propriétés particulières. Dans le contexte de notre étude, nous allons suivre la même démarche que Dung [Dun, 95] et adapter les différentes sémantiques proposées par ce dernier pour les appliquer au niveau du système d'argumentation à base de coalition proposé [Ouf et al, 18]. Avant de définir les différentes sémantiques il est indispensable de revoir les notions de libre de conflit et d'acceptabilité que nous définissons comme suit :

Définition16 [libre de conflit-Acceptabilité]

Soient $\langle SC, CR, C_{pref} \rangle$ un système d'argumentation à base de coalitions

$S \subseteq SC$ un sous ensemble de coalition d'arguments et $C \in SC$ est une coalition d'argument un argument.

1. S est **sans conflit** ssi $\forall C_i, C_j \in S : \neg \text{defait}(C_i, C_j)$;
2. C_i est **acceptable** vis à vis de S ssi $\forall C_i \in SC : \text{defait}(C_i, C) \Rightarrow \exists C_j \in S, \text{defait}(C_j, C_i)$

A présent, nous pouvons redéfinir les sémantiques d'acceptabilité à savoir les sémantiques admissible, préférée, stable, basique et complète [Ouf et al, 18].

Extension	Caractéristiques
Extension admissible	S est sans conflit et défend tous ses éléments
Extension préférée	S est un ensemble admissible maximal pour l'inclusion ensembliste.
Extension stable	S est sans conflit et attaque toute coalition de l'ensemble SC .
Extension complète	S est sans conflit et accepte toutes les coalitions d'arguments qu'il peut défendre.
Extension basique	S est la plus petite (pour l'inclusion ensembliste) extension complète.

Table 4.4 : Sémantiques d'acceptabilité

Les sémantiques définies plus haut ont pour but d'effectuer l'évaluation des coalitions d'arguments. Cependant, elles ne permettent pas de connaître le statut d'une coalition d'argument (acceptée ou rejetée) vis-à-vis le système d'argumentation.

La plupart des travaux proposés dans la littérature [Bou, 11] considère qu'un argument est acceptable s'il appartient à au moins une extension de la sémantique.

Dans un premier temps, il nous a semblé intéressant de considérer les coalitions appartenant à la sémantique de base comme acceptées, notre choix s'est porté sur cette extension car c'est une vision très sélective de l'acceptabilité. Nous pouvons remarquer que par rapport aux autres extensions, cette sémantique fournit un seul ensemble solide de coalition d'arguments, elle contient l'ensemble des coalitions qui ne sont pas contrariées ainsi que toutes les coalitions défendues par cet ensemble. Toutefois, la sémantique basique peut dans certains cas retourner comme résultat l'ensemble vide lorsqu'il n'existe pas de coalition non contrariée comme l'illustre l'exemple suivant.

Exemple

Soient $C_i^t, C_j^t \in SC^t$ tel que $CR_{att}^t = \{(C_i^t, C_j^t), (C_j^t, C_i^t)\}$ et $C_{pref}^t \{(C_i^t, C_j^t), (C_j^t, C_i^t)\}$

Malgré que les coalitions $\{C_i^t\} \{C_j^t\}$ appartiennent aux extensions admissibles, préférées stables et complètes ce qui témoigne de leur solidité. L'extension de base pour cet exemple sera égale à l'ensemble vide et ce n'est pas toujours souhaitable, notamment dans le contexte qui nous intéresse. Afin de pallier à ce problème, nous proposons une nouvelle sémantique qui constitue un palliatif de la sémantique de base mais qui soit tout autant sélective cette extension sera nommée sémantique idéale [Ouf et al, 18].

Définition 17 (extension idéale)

L'extension idéale prend appui sur la notion d'extension de base, par conséquent cette nouvelle sémantique va inclure les coalitions d'arguments qui ne sont pas contrariées et celles défendues par cet ensemble auxquelles s'ajoutent les coalitions d'arguments qui se défendent seules contre toute contrariété. L'agent initiateur utilise cette nouvelle extension pour assigner un statut aux différentes coalitions formées lors du tour t .

Définition 18 (statut coalition)

Soient $\langle SC^t, CR^t, C_{pref}^t \rangle$ un système d'argumentation à base de coalitions

$\xi_1^t \dots \xi_n^t$: l'ensemble des extensions retournées par le système

C_i^t est une coalition acceptée, si et seulement si $C_i^t \in \xi_k^t$ tel que ξ_k^t est une extension idéale.

■ Phase 5 Choix de l'offre à proposer

Lorsque l'extension idéale contient une seule coalition d'arguments alors la conclusion supportée par les arguments qui la constitue sera proposée par l'initiateur aux participants. Lorsque l'extension idéale contient plus d'une coalition alors l'agent initiateur doit effectuer un choix entre ces coalitions tout autant acceptables. De ce fait, il va favoriser la coalition qui a la plus grande taille (contenant le plus d'arguments) étant donné que le but de l'agent initiateur est de trouver une offre supportée par des arguments acceptables qui puisse satisfaire un maximum d'agents, c'est cette coalition qui verra sa conclusion proposée aux agents lors du prochain tour.

4. La démarche décisionnelle adoptée par (CSMDSS)

Lors de cette étude, nous avons proposé un système d'aide à la décision spatial, multicritères et multi acteurs destiné à la problématique de localisation spatiale en AT. Les différentes phases de la démarche décisionnelle adoptée par le système CSMDSS sont illustrées par la figures suivantes :

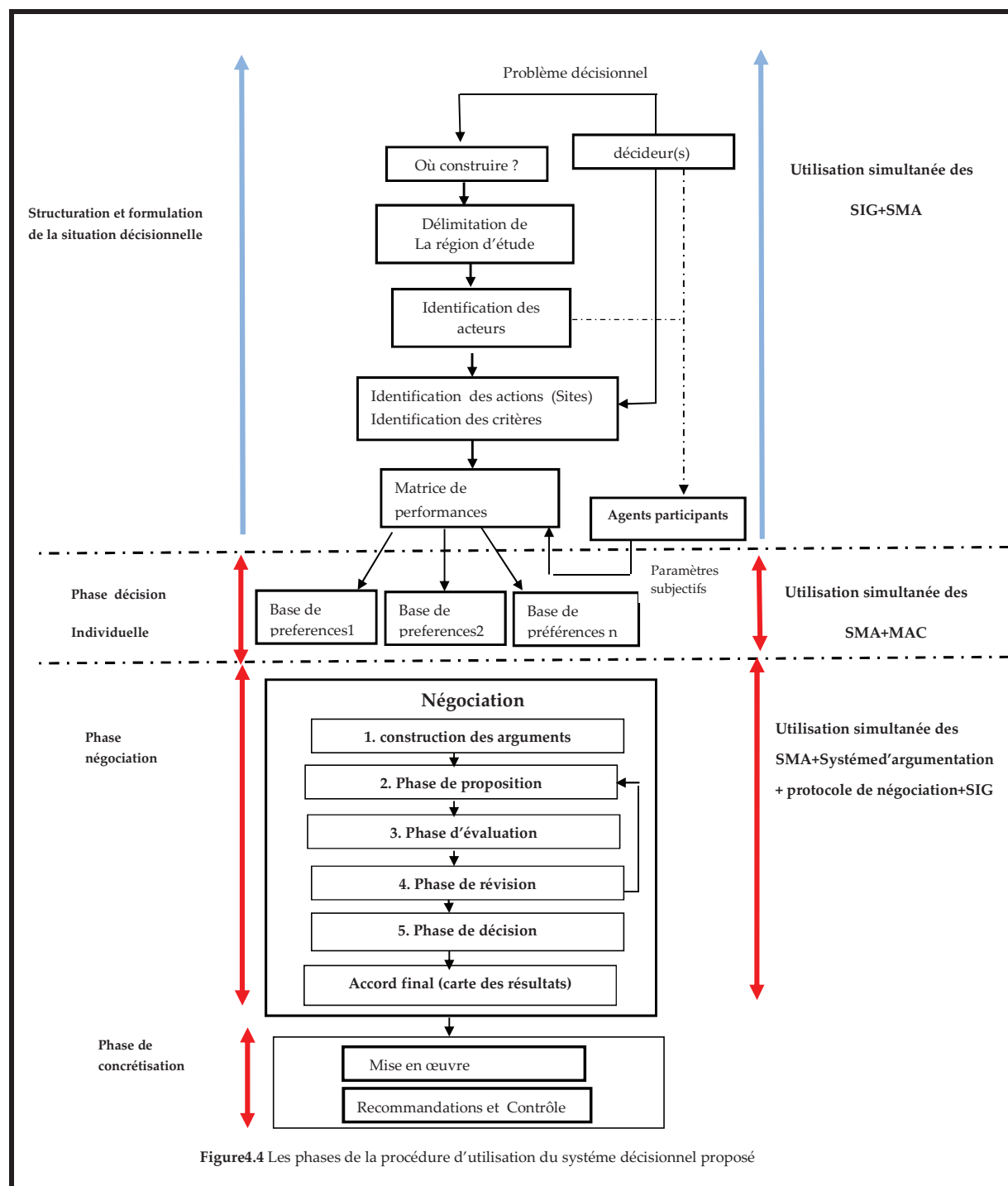


Figure4.4 Les phases de la procédure d'utilisation du système décisionnel proposé

5. Synthèse

Lors de cette étude, nous avons utilisé la notion de coalition pour proposer un système d'argumentation logique dont les entités de base sont des coalitions d'arguments constituées d'un ensemble d'arguments décisionnels reliés par une relation support. Ce concept de coalition a déjà été utilisé en argumentation par Amgoud [Amg, 05] qui a proposé un modèle d'argumentation destiné à la génération de structures de coalitions dans les systèmes multi agents [Amg05]. Le modèle proposé par Amgoud [Amg05] diffère de notre proposition selon plusieurs points illustrés par la table suivante :

Critères de comparaison	Système d'argumentation proposé dans [Amg, 05]	Système d'argumentation proposé dans [Ouf et al, 18]
Contexte d'application	Allocation des tâches	Négociation
Caractéristiques du système	- Le système proposé représente une extension du système d'argumentation à base de préférences (PAF) constitué d'un ensemble d'arguments d'une relation de contrariété et de préférence. - Le Système d'argumentation proposé est un système abstrait composé de : • Un ensemble de coalitions : chacune des coalitions du système est constituée d'un ensemble d'agents, l'auteur ne donne aucune indication sur la façon dont sont formées les coalitions d'agents. • Une relation de conflit : aucune hypothèse n'est donnée sur la relation de conflit entre les coalitions d'agents. l'auteur indique juste qu'un conflit peut subsister entre deux coalitions si par exemple un même agent appartient aux deux coalitions ou si ces coalitions doivent réaliser la même tâche. • Une relation de préférence : afin de pouvoir comparer les coalitions d'agents, chaque coalition se voit attribuer une valeur représentant la différence pour chaque agent entre ses profits ainsi que ses dépenses dues à l'appartenance de l'agent à la coalition.	- Le système proposé représente une extension du système d'argumentation à base de préférences (PAF) constitué d'un ensemble d'arguments d'une relation de contrariété et de préférence. - Le Système d'argumentation proposé est un système logique composé de : • Un ensemble de coalitions : chacune des coalitions est constituée d'un ensemble d'arguments décisionnels. Une méthode formelle pour la formation de coalition est proposée • Une relation de conflit : elle est formellement définie prenant comme point de départ les relations de contrariété qui peuvent relier les arguments constituant les coalitions. • Une relation de préférence : à chaque coalition d'arguments est attribuée une valeur calculée à partir des poids des différents arguments qui la constitue. Cette valeur est utilisée pour comparer les coalitions d'arguments décisionnel

Sémantique proposée	-Le but du système proposé est de trouver les structures de coalition d'agents permettant -d'exécuter le maximum de tâches. -de maximiser le gain du système -L'auteur définit une nouvelle extension qui prend appui seulement sur la relation de contrariété et qui regroupe l'ensemble des coalitions d'agents sans conflit. Tandis que la relation de préférence est utilisée pour classer les extensions obtenues et par conséquent pour déterminer la solution optimale. Cette dernière est alors maximale.	-Le but du système proposé est de trouver un ensemble cohérent et très restreint de coalitions -Une nouvelle extension nommée extension idéale est définie. Elle regroupe les coalitions d'arguments qui ne sont pas contrariées et celles défendues par cet ensemble auxquelles s'ajoutent les coalitions d'arguments qui se défendent seules contre toute contrariété. Les deux relations de contrariété et de préférence sont utilisées pour la définition de cette extension.
----------------------------	--	--

Table 4.5 : Comparaison entre le système proposé et celui d'Amgoud[Amg, 05]

6. Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons présenté nos contributions qui portent sur la proposition :

- D'un modèle de processus décisionnel qui décrit les différentes étapes à suivre afin d'arriver à une décision consensuelle dans un environnement spatiale multicritères et multi acteurs.
- D'un système d'aide à la décision dédié aux problématiques spatiales, faisant intervenir plusieurs critères conflictuels et une multitude d'acteurs. Le système d'aide à la décision proposé intègre principalement quatre composants de grande importance :
 - Le composant SIG qui représente le territoire et permet de générer la matrice d'évaluation; utilisée par le composant SMA
 - Le composant SMA visant à représenter la multiplicité des différents acteurs, leur diversité, ainsi que leur comportement.
 - L'analyse multicritères qui permet de représenter les préférences des acteurs (agents) de la manière la plus fidèle possible en se basant sur un ensemble de critères conflictuels
 - Le protocole de négociation argumentatif : permet de gérer la négociation et d'arriver à un accord acceptable pour le groupe en prenant comme point de départ les arguments décisionnels émis par les participants. Muni d'un système d'argumentation à base de coalitions l'agent initiateur se charge d'identifier les coalitions les plus acceptables et par la suite la coalition optimale, la conclusion supportée par les arguments qui la constitue est proposée aux participants.

Le chapitre suivant sera consacré à une étude de cas réelle accompagnée d'une discussion des résultats obtenus.

Chapitre 5

Mise en Œuvre du Systèmes Décisionnel proposé(CSMDSS)

Sommaire

1. Introduction.....	109
2. Environnements de développement.....	109
3. Etude de cas et résultats expérimentaux.....	113
3.1 Délimitation de la région d'étude.....	113
3.2 Identification des acteurs.....	114
3.3 Définition des actions	114
3.4 Définition des critères	115
3.5Construction de la matrice de performance	115
3.6 Création des agents.....	118
3.7 Modélisation des préférences.....	118
3.8 Simulation de la Négociation par argumentation	119
4. Conclusion.....	128

Chapitre 5

Mise en Œuvre du Système Décisionnel (CSMDSS)

L'objectif visé, à travers ce chapitre est d'expérimenter le système CSMDSS qui exploite les avantages de plusieurs formalismes dans le but d'aider les acteurs du territoire à trouver un consensus acceptable dans un contexte spatial et multicritères. Les aspects techniques du système décisionnel proposé, les différents outils de développement ainsi que la plateforme multi agents exploitée pour la réalisation de CSMDSS sont passés en revue. Afin de valider le système décisionnel proposé et d'expérimenter l'outil implémenté, une étude de cas réelle a été réalisée.

1. Introduction

L'Aménagement du territoire(AT) est une problématiques de long terme à laquelle les décideurs souhaitent faire face avec le plus d'éléments objectifs leur permettant de rationaliser et d'explicitier leurs choix. Le but de notre étude est la conception d'un système d'aide multicritères à la décision collective à référence spatiale permettant d'apporter une aide efficace aux acteurs du territoire. Le système proposé traite, principalement la problématique de localisation d'un site satisfaisant un certain nombre de critères pour effectuer un projet de construction d'une quelconque infrastructure. Afin de valider le système décisionnel proposé une étude de cas a été réalisée. Les différents résultats obtenus seront détaillés et discutés dans ce chapitre.

2. Environnements de développement

La mise en œuvre du système proposé a nécessité l'utilisation de différents outils de développement détaillés dans ce qui suit :

-MapInfo

C'est un outil de type Système d'Information Géographique. Il a permis dans notre étude de visualiser et de modifier les différentes bases de données géographiques utilisées selon le besoin.

-Delphi :

L'active X MapX s'intègre seulement dans quelques environnements de développements dont C++ Builder ne fait pas partie. De ce fait, la composante SIG de notre application a été implémentée par utilisation du langage de programmation Delphi.

- MapX :

C'est un contrôle Active X qui offre toutes les fonctionnalités de base nécessaires à l'implémentation du modèle décisionnel. Avec MapX, nous pouvons analyser et visualiser un ensemble de données, créer ou éditer les objets d'une carte et présenter visiblement les résultats sur une carte. Les fonctionnalités principales de MapX sont :

- **Analyse thématique** : Permet d'analyser les valeurs associées à une carte. Les objets de la carte peuvent être colorés en fonction de ces valeurs (classes, valeurs individuelles, etc.), ou des objets thématiques peuvent être créés pour afficher ces valeurs.
- **Les annotations** : fournissent une orientation à des données spécifiques et rendent une carte plus instructive en ajoutant du texte, des symboles et des étiquettes.
- **Contrôle des couches** : La boîte de dialogue Contrôle des Couches affiche la liste des couches qui composent la fenêtre carte active et indique si chacune d'elles est visible, modifiable, sélectable ou affectée d'un seuil de zoom. L'ordre des couches dans la boîte de dialogue Contrôle des Couches est identique à l'ordre des couches dans la fenêtre Carte. Par exemple, quand les couches de régions sont placées sous des couches de points, les points demeurent visibles.
- **Étiquetage Automatique** : Ajoute des étiquettes à une carte automatiquement. Les étiquettes sont sauvegardées dans le document représentant la carte.
- **Les sélections** : MapX fournit différents dispositifs de sélection tels que les outils permettant de sélectionner des objets de la carte dans un rayon, un rectangle ou un polygone spécifique.
- **Editer une carte** : MapX permet d'ajouter, modifier ou supprimer des objets sur la carte.

- JBuilder :

JBuilder est un environnement de développement intégré pour Java, permettant le RAD (Rapid Application Development) c'est à dire tourné vers le développement rapide d'applications. L'application est elle-même développée en grande partie en Java. JBuilder repose sur un ensemble très complet de composants visuels prêts à l'emploi. La quasi totalité des contrôles de Windows (boutons, boîtes de saisies, listes déroulantes, menus et autres barres d'outils) y sont représentés, [Net 1] regroupés par famille, en plus :

- JBuilderX contient une multitude d'OpenTools
- Un designer Struts pour faciliter l'écriture des applications Web
- Un designer pour l'élaboration des WebServices
- De nombreuses améliorations de l'IDE

- Le support de JBoss comme serveur J2EE en plus des huit autres déjà disponibles
- Plusieurs kits de développement avec designer graphique et émulateurs.

-La plate-forme JADE

JADE (Java Agent DEvelopment framework) est une plateforme gratuite, implémentée en java, son code source et celui de son environnement de développement sont ouverts et modifiables permettant ainsi une utilisation relativement aux besoins exprimés[Net2].

✓ L'architecture de la plate-forme JADE

La plateforme JADE est composée de conteneurs d'agents (agent container) qui peuvent être distribués sur le réseau (figure 5.1). Les agents vivent dans les conteneurs qui sont des processus java qui fournissent tous les services nécessaires pour l'hébergement et l'exécution des agents. La plateforme doit disposer d'un conteneur principal qui représente le point de démarrage, et qui se charge de :

- Gérer la table des conteneurs qui contient la liste ainsi que les adresses de tous les conteneurs qui composent la plateforme.
- Gérer la GADT (Global Agent Description Table) qui contient la liste de tous les agents présents dans la plateforme, leur statut actuel, et leur localisation.
- Héberger l'AMS (Agent Management System) et DF (Directory Facilitator) qui fournissent la gestion des agents, et le service des pages blanches ainsi que le service des pages jaunes respectivement.

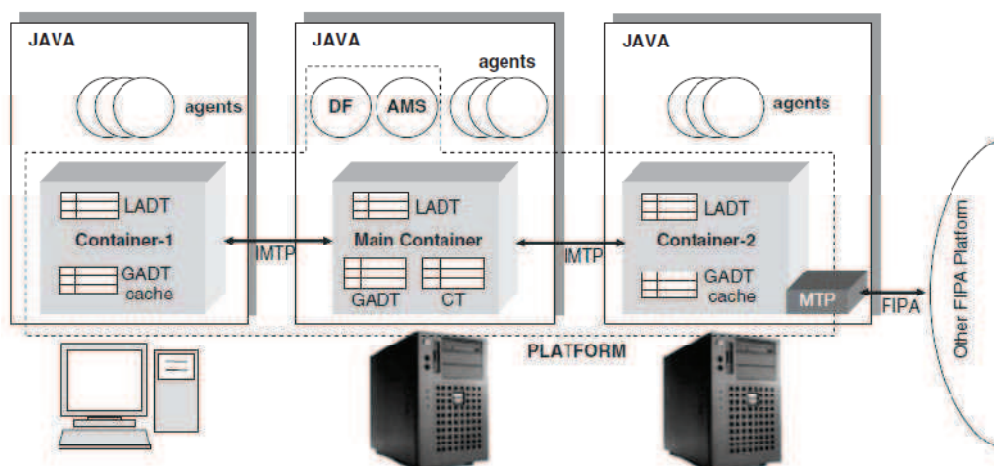


Figure 5.1: Architecture de la plateforme JADE

✓ Outils de contrôle et de débogage

Les applications multi agents sont en général très compliquées. Elles sont souvent distribuées sur plusieurs hôtes avec plusieurs conteneurs et agents, elles sont aussi dynamiques dans le sens où les agents apparaissent, disparaissent et migrent d'un conteneur à un autre. Tous ça rend le control et le débogage une tâche fastidieuse pour le programmeur.

JADE offre plusieurs outils graphiques qui simplifient considérablement le travail du programmeur, on trouve entre autres

✓ RMA Agent

Le RMA (Remote Management Agent) permet de contrôler le cycle de vie de la plate-forme et tous les agents qui la composent. Plusieurs RMA peuvent être lancés sur la même plate-forme du moment qu'ils ont des noms distincts, la figure 5.2 présente l'interface graphique de cet agent.

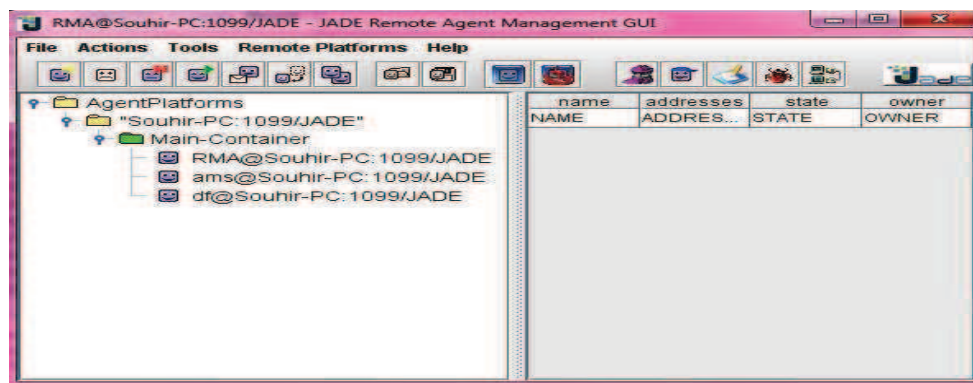


Figure 5.2: RMA Agent

✓ Dummy Agent

L'outil Dummy Agent permet aux utilisateurs d'interagir avec les agents JADE d'une façon particulière. L'interface permet la composition et l'envoi de messages ACL et maintient une liste de messages ACL envoyés et reçus. Cette liste peut être examinée par l'utilisateur et chaque message peut être vu en détail ou même édité. Plus encore, le message peut être sauvegardé sur le disque et renvoyé plus tard. L'interface de l'agent Dummy est illustrée par la figure (5.3).

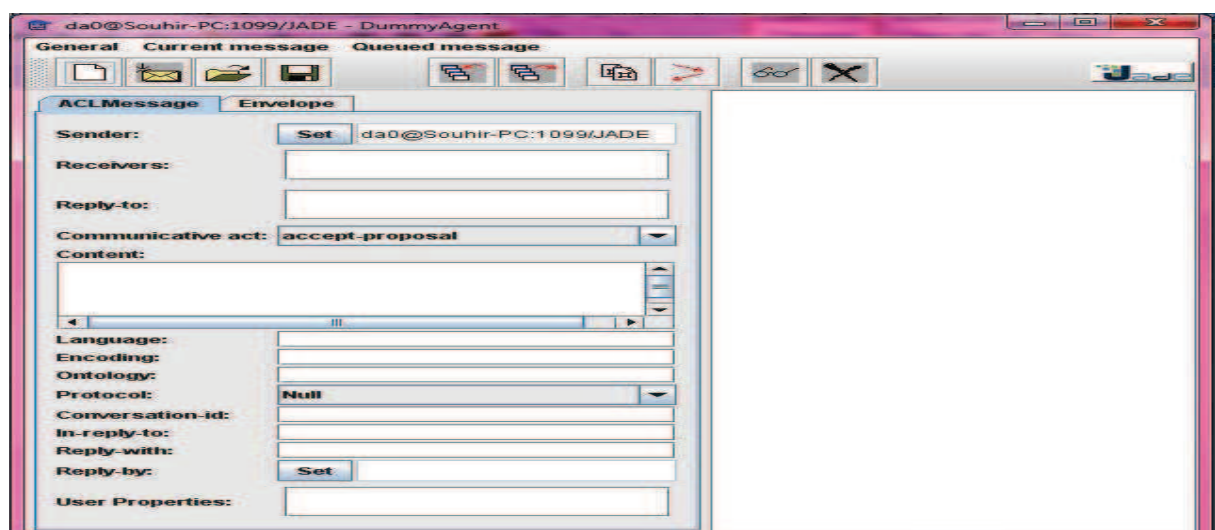


Figure 5.3: Dummy Agent

✓ Sniffer Agent

Quand un utilisateur décide d'épier un agent ou un groupe d'agents, il utilise un agent Sniffer. Chaque message partant ou allant vers ce groupe est capté et affiché sur l'interface du sniffer. L'utilisateur peut voir et enregistrer tous les messages pour éventuellement les analyser plus tard. L'interface de l'agent Sniffer est illustrée par la figure (5.4).

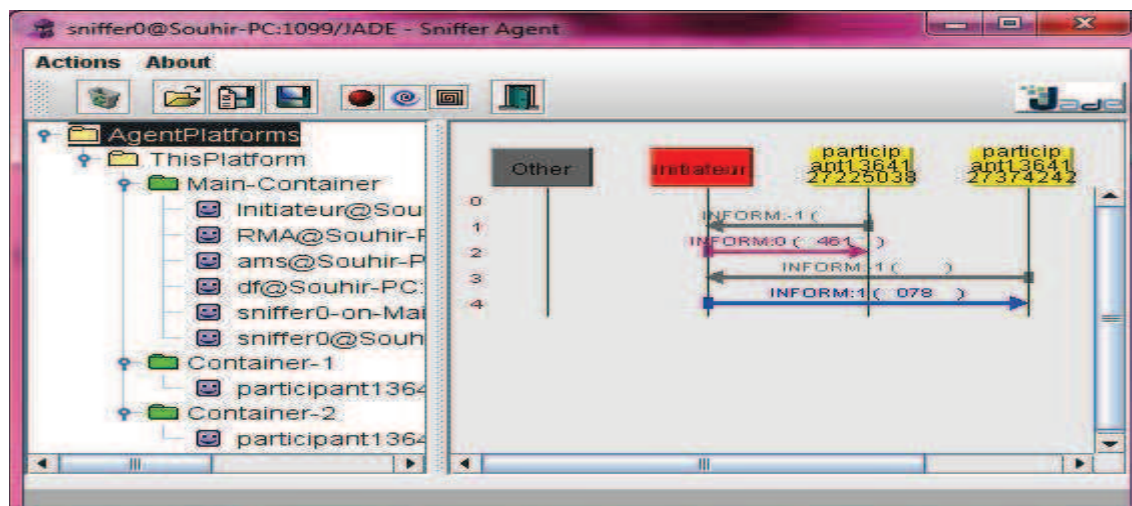


Figure 5.4 : Sniffer Agent

3. Etude de cas et résultats expérimentaux

La problématique traitée dans cette étude de cas est celle relative au choix du site le plus adéquat parmi plusieurs pour l'implantation d'un secteur sanitaire.

3.1 Délimitation de la région d'étude

La région choisie pour réaliser cette étude est le quartier d'El Hamar situé dans la commune de Gdyl, wilaya d'Oran. Il s'avère qu'il y a absence d'un secteur sanitaire, activité essentielle pour répondre aux besoins des habitants en matière d'urgence et de premiers soins. Grâce aux fonctionnalités du SIG, la zone d'étude peut être visualisée par l'utilisateur.

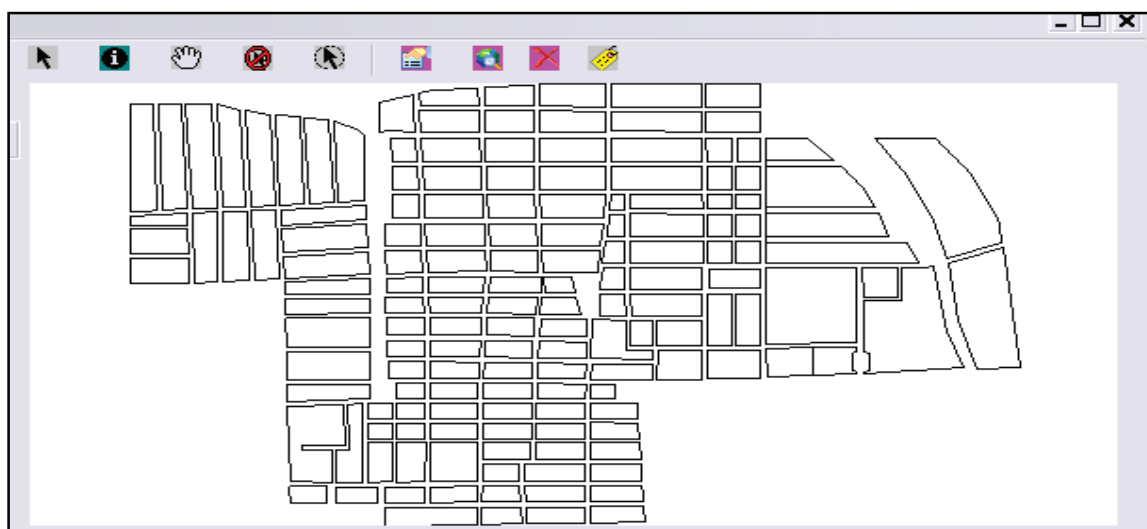


Figure 5.5 : Visualisation de la zone d'étude

3.2 Identification des acteurs

L'identification de tous les acteurs impliqués dans une problématique décisionnelle est une opération importante car elle influe fortement l'issue de la décision finale. Pour cette étude, les acteurs et les décideurs concernés par ce projet d'aménagement du territoire (choix du meilleur site pour un secteur sanitaire) sont **les associations d'environnement, les politiciens, les économistes et le public**. Après une concertation intensive avec l'homme d'étude, ils se mettent d'accord sur l'ensemble des actions et des critères à considérer.

3.3 Définition des actions

Nous disposons de six (06) îlots vierges pouvant convenir pour la construction voulue. Afin de pouvoir visualiser les différents sites susceptibles pour la construction (qui constitue dans le jargon multicritères les alternatives ou actions à étudier), nous exploitons les diverses avantages qu'offrent les SIG en terme d'affichage.

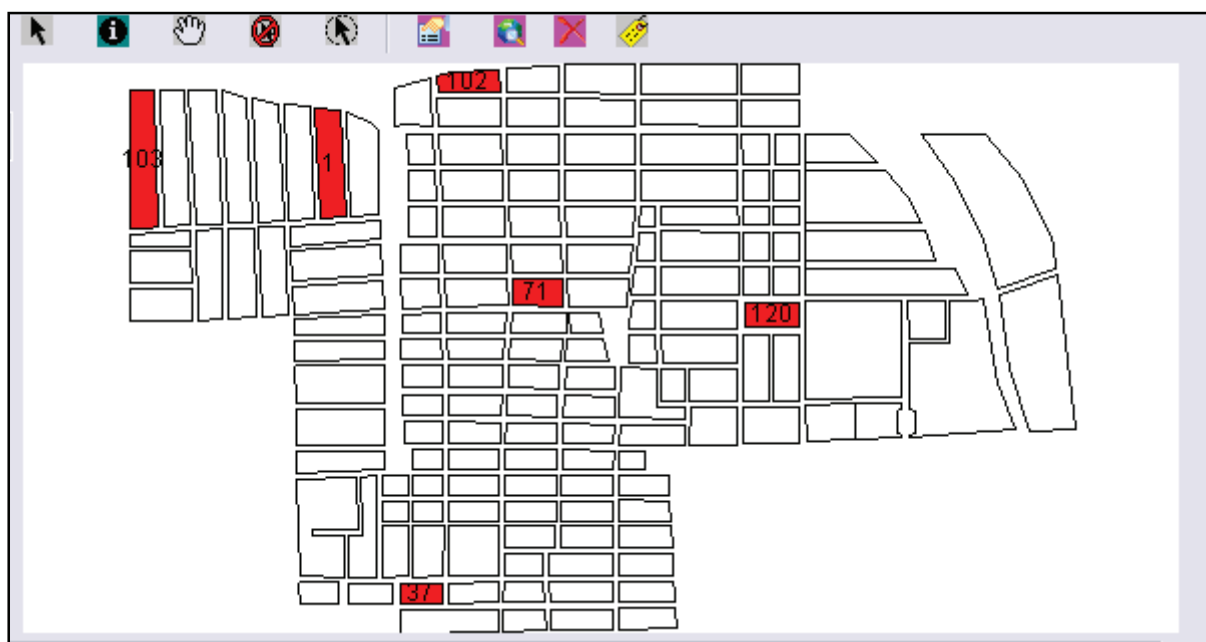


Figure 5.6 Visualisation des îlots vides

3.4 Définition des critères

L'identification des critères devant être pris en considération lors de la décision publique est une étape cruciale. De ce fait, la famille de critères doit répondre à la condition de cohérence: en plus d'être exhaustifs et non redondants. Après concertation, les critères sélectionnés pour établir le choix du meilleur site pour l'implantation du futur secteur sanitaire sont de natures diverses (environnementale, sociale, etc...). Les critères choisis sont :

- Critère1 (C1) : Nombre de population avoisinante aux actions .
- Critère2 (C2) : Eloignement par rapport au site industriel.
- Critère3 (C3) : Nuisance sonore.
- Critère4 (C4) : Proximité au réseau d'assainissement.
- Critère5 (C5) : Proximité au réseau de la moyenne tension.

3.5 Etablissement de la matrice de performance

Matrice de performance ou encore appelée matrice des évaluations, est constituée en lignes des actions (sites) et en colonnes des critères. Les valeurs qui remplissent ce tableau ne sont rien d'autre que l'évaluation de l'action i (site) selon le critère j.

✓ **Nombre de population (C1)**

La table suivante représente le nombre de population concerné par chaque site potentiel.

Ilot	Nombre Population
Ilot 1	2670 Pers
Ilot 37	1145 Pers
Ilot 71	3510 Pers
Ilot 102	2180 Pers
Ilot 103	1450 Pers
Ilot 120	1145 Pers

Table 5.1 : Evaluation du critère (C1)

✓ **Eloignement par rapport au site industriel (C2)**

La distance de chaque îlot par rapport au site industriel est illustrée par la table (5.2)

Ilot	Eloignement du site industriel
Ilot 1	820 m
Ilot 37	710 m
Ilot 71	530 m
Ilot 102	700 m
Ilot 103	1040 m
Ilot 120	240 m

Table 5.2 : Evaluation du critère (C2)

✓ **Nuisance sonore (C3)**

Etant donné le caractère des centres de soin, il paraît essentiel de considérer la nuisance sonore comme un critère fondamental dans cette étude. Toutes les évaluations de ce critère sont présentes dans la table (5.3)

Ilot	Nuisance Sonore
Ilot 1	8 db
Ilot 37	14 db
Ilot 71	24 db
Ilot 102	6 db
Ilot 103	4 db
Ilot 120	18 db

Table 5.3 : Evaluation du critère (C3)

✓ **Proximité au réseau d'assainissement (C4)**

La distance de chaque îlot par rapport au réseau d'assainissement est illustrée par la table (5.4)

Ilot	Proximité au réseau d'assainissement
Ilot 1	10 m
Ilot 37	30 m
Ilot 71	110 m
Ilot 102	20 m
Ilot 103	20 m
Ilot 120	40 m

Table 5.4 : Evaluation du critère (C4)

✓ **Proximité au réseau de la moyenne tension (C5)**

La distance de chaque îlot par rapport au réseau de la moyenne tension est illustrée par la table (5.5).

Ilot	Proximité réseau de la moyenne tension
Ilot 1	30 m
Ilot 37	460 m
Ilot 71	230 m
Ilot 102	1 m
Ilot 103	1 m
Ilot 120	570 m

Table 5.5 : Evaluation du critère (C5)

L'évaluation de l'ensemble des actions (sites) selon les différents critères identifiés permettent de définir la matrice des performances illustrée par la figure (5.7). Cette matrice est accessible par les agents participants.

Id_Ilots	Nombre_de_Population	Eloignement_site_indus	Nuisance_Sonore	Proximité_réseau_assainiss	Proximité
1	2670	820	8	10	30
37	1145	710	14	30	460
71	3510	530	24	110	230
102	2180	700	6	20	1
103	1450	1040	4	20	1
120	1145	240	18	40	570

Figure 5.7 : Matrice des performances (tableau d'évaluation)

3.6 Création des agents

Le développement d'un SMA est une tâche assez complexe qui requiert un investissement très important. A cet effet, nous optons pour l'utilisation d'une plateforme multi agents existante que nous adaptons à nos besoins. Notre choix s'est porté sur la plate forme SMA JADE(Java Agent DEvelopment framework)[Fip, 02]. Deux types d'agents sont créés : l'agent initiateur responsable du bon déroulement de la négociation et les différents agents participants représentant les différentes parties prenantes concernées par la décision en AT.

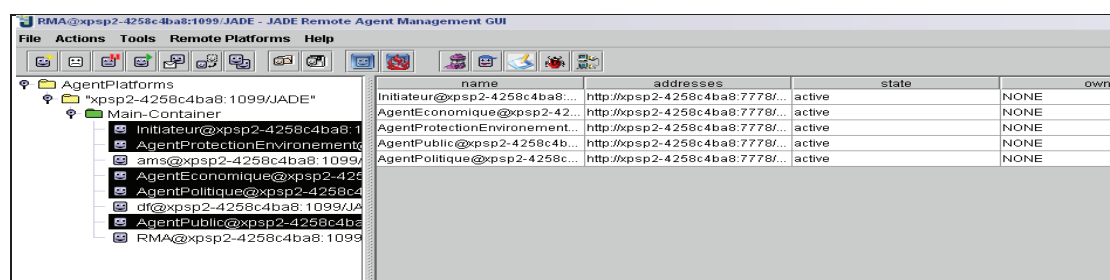


Figure 5.8 Création des différents agents (Initiateur, Participants)

Afin d'exprimer l'importance de chaque membre du groupe lors de la négociation, un poids est attribué à chaque participant en utilisant l'échelle de saaty [Saa, 80]. Les poids des agents participants sont illustrés par la Figure 5.9

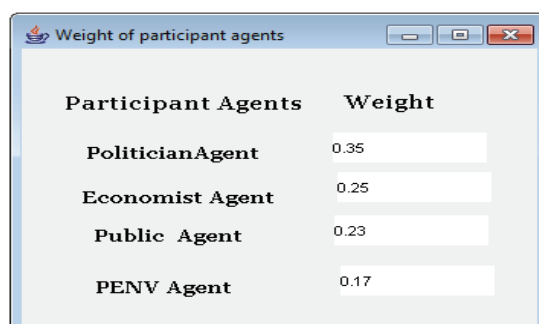


Figure5.9. Poids des agents participants

3.7 Modélisation des préférences

Chaque agent participant établit sa base de préférences où les différentes alternatives (sites) sont classées de la meilleure à la moins bonne selon un ensemble de critères. Dans la littérature, il existe une multitude de méthodes multicritères pouvant faire face à cette problématique de rangement. Dans la présente étude tous les agents participants utilisent la méthode d'analyse multicritères PamssemII [Mar et al, 97].

La méthode PamssemII traite une problématique de type gamma (rangement), c'est une méthode de surclassement procédant par agrégation partielle souvent utilisée dans les problématiques liées à l'environnement. PamssemII s'inspire largement de la procédure bien connue Electre III [Roy et al, 93] pour la construction des relations de sur classement et de la méthode Promethee II [Bra et al, 85] pour l'exploitation de ces relations.

Après avoir accédé à la matrice de performance, chaque agent participant introduit ses informations préférentielles qui prennent la forme de paramètre inter critères et intra critères (poids associé à chaque critère, seuil de préférence, seuil d'indifférence et seuil de veto). Les rangements obtenus après exécution de la méthode de Pamssem II par chaque agent sont représentés par la Figure 5.10.

PoliticianAgent	Economist Agent	Public Agent	PENV Agent
Site 103	Site 102	Site 1	Site 1
Site 71	Site 103	Site 103	Site 102
Site1	Site1	Site 102	Site 71
Site 102	Site 71	Site 71	Site 102
Site 37	Site 37	Site 37	Site 37
Site 120	Site 120	Site 120	Site 120

Figure 5.10 Rangement des alternatives (sites) par chaque participant

3.8 Simulation de la négociation par argumentation

Doté d'une base de connaissances exprimée selon un langage logique (langage des prédicats pour cette étude) chacun des agents participants se lance dans la phase de construction d'arguments décisionnels. Les plus pertinents d'entre eux seront par la suite ordonnés et stockés dans sa base d'argumentation.

Lors du premier tour, l'agent initiateur fait une proposition aléatoire aux différents agents participants, sa première proposition est **option (site 120)**. Chaque agent participant se réfère à sa base d'argumentation pour accepter ou refuser la proposition.

Pour ce premier tour la proposition de l'initiateur est rejetée par la totalité des agents participants. L'agent initiateur est dans l'obligation de modifier sa proposition en prenant comme point de départ les arguments émis par les participants. Par conséquent, il envoie un message de type Request () aux agents participants qui l'informent via le message Inform () avoir émis leurs arguments décisionnels expliquant les raisons de leur refus.

Les différents messages échangés entre l'initiateur et les participants sont illustrés par les Figures 5.12, 5.13 et 5.14. Tandis que l'ensemble des arguments décisionnels pertinents présentés par les participants lors du premier tour sont illustrés par la Table 5.6. Par exemple, l'agent politique refuse la proposition de l'initiateur et présente son argument décisionnel en faveur de l'alternative **option (site103)** qui explique pourquoi selon lui cette ressource (alternative) est meilleure par rapport à la proposition de l'initiateur ainsi que toutes les autres options.

Malgré que l'alternative **option (site103)** soit équivalente aux alternatives **options (site1)**, **option (site71)** et **option (site102)** selon la majorité des critères notamment les critères C1, C4 et C5. Ces alternatives ne peuvent être meilleures que l'alternative **option (site 103)** cela est du principalement à un dépassement sur le seuil de veto sur le critère C3 susceptible d'empêcher tout surclassement.

Enfin les alternatives options (**site 37**) et **option (site 120)** ne peuvent surclasser l'alternative **option (site 103)** à cause d'un dépassement sur le seuil de veto sur la majorité des critères, malgré que ces deux alternatives soient équivalentes à l'alternative **option site(103)** sur certains critères.

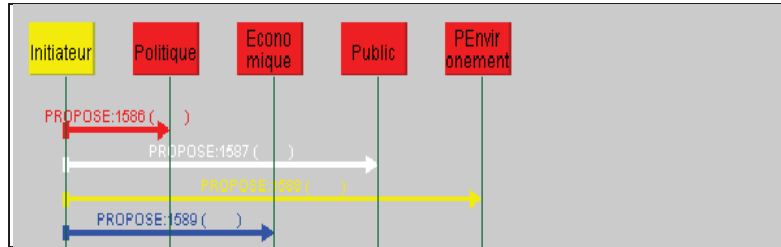


Figure 5.11 Visualisation du message Propose () destiné aux agents participants (tour 1)

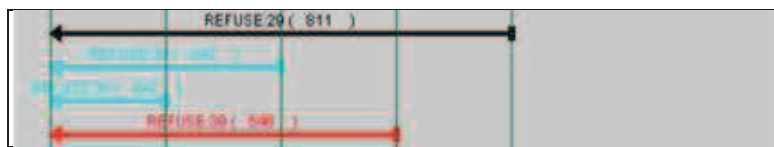


Figure 5.12 Réponses des participants (tour 1)

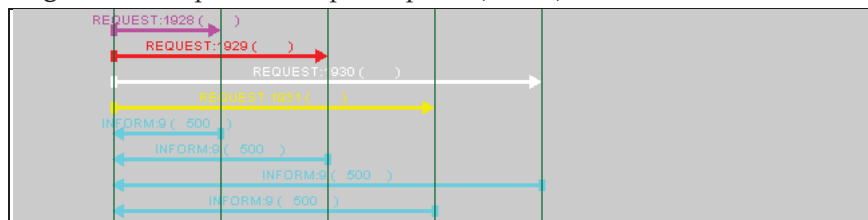


Figure5.13 Visualisation des messages Request() et Inform() (tour 1)

Agents Participant	Arguments décisionnels
Agent politique	$A_1^1 \{ (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C3}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) , (\text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site1}, \text{C2}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site1}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C3}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})) , (\text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C3}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) , (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) , (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) , ((\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C3}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \wedge (\text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site1}, \text{C2}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site1}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C3}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})) \wedge (\text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C3}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) \wedge (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) \rightarrow \text{option}(\text{site103}) \} ,$ option(site103)
Agent Economique	$A_2^1 \{ (\text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C1}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) , (\text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site1}, \text{C1}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site1}, \text{Site102}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})) , (\text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \}$

	$, (WPreferred(Site102, Site37, C1) \wedge Equivalent(Site102, Site37, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site37, Site102, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site37)), (WPreferred(Site102, Site120, C1) \wedge \neg Asgoodas(Site120, Site102, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)), ((Equivalent(Site102, Site103, C2, C3, C4, C5) \wedge WPreferred(Site102, Site103, C1) \rightarrow \neg option(site102)) \wedge (Equivalent(Site102, Site1, C1, C2, C3, C4) \wedge \neg Asgoodas(Site1, Site102, C5) \rightarrow \neg option(site1)) \wedge (SPreferred(Site71, Site102, C1) \wedge Equivalent(Site102, Site71, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site71, Site102, C3, C4, C5)) \rightarrow \neg option(site71)) \wedge (WPreferred(Site102, Site37, C1) \wedge Equivalent(Site102, Site37, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site37, Site102, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site37)) \wedge (WPreferred(Site102, Site120, C1) \wedge \neg Asgoodas(Site120, Site102, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)) \rightarrow option(site102)) \}, option(site102)$
Agent Public	$A_3^1 \{ (WPreferred(Site1, Site103, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site103)), (WPreferred(Site1, Site102, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site102, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site102)), (WPreferred(Site71, Site1, C1) \wedge WPreferred(Site1, Site71, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site71, Site1, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site71)), (\neg Asgoodas(Site37, Site1, C3, C4, C5) \wedge WPreferred(Site1, Site37, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site37, C2) \rightarrow \neg option(site37)), (\neg Asgoodas(Site120, Site1, C1, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)), ((WPreferred(Site1, Site103, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site103)) \wedge (WPreferred(Site1, Site102, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site102, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site102)) \wedge (WPreferred(Site71, Site1, C1) \wedge WPreferred(Site1, Site71, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site71, Site1, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site71)) \wedge \neg Asgoodas(Site37, Site1, C3, C4, C5) \wedge WPreferred(Site1, Site37, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site37, C2) \rightarrow \neg option(site37)) \wedge (\neg Asgoodas(Site120, Site1, C1, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)) \rightarrow option(site1)) \}, option(site1)$
Agent PENV	$A_4^1 \{ (WPreferred(Site1, Site102, C1, C2) \wedge Equivalent(Site1, Site102, C3, C4, C5)) \rightarrow \neg option(site102)), (Equivalent(Site1, Site71, C1) \wedge WPreferred(Site1, Site71, C2) \wedge SPreferred(Site1, Site71, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site71)), (\neg Asgoodas(Site103, Site1, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site103)), (\neg Asgoodas(Site37, Site1, C1, C5) \wedge Equivalent(Site1, Site37, C2) \wedge SPreferred(Site1, Site37, C3, C4) \rightarrow \neg option(site102)), (\neg Asgoodas(Site120, Site1, C1, C2, C5) \wedge SPreferred(Site1, Site120, C3, C4) \rightarrow \neg option(site120)), ((WPreferred(Site1, Site102, C1, C2) \wedge Equivalent(Site1, Site102, C3, C4, C5)) \rightarrow \neg option(site102)) \wedge (Equivalent(Site1, Site71, C1) \wedge WPreferred(Site1, Site71, C2) \wedge SPreferred(Site1, Site71, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site71)) \wedge (\neg Asgoodas(Site103, Site1, C1) \wedge Equivalent(Site1, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site103)) \wedge (\neg Asgoodas(Site37, Site1, C1, C5) \wedge Equivalent(Site1, Site37, C2) \wedge SPreferred(Site1, Site37, C3, C4) \rightarrow \neg option(site102)) \wedge (\neg Asgoodas(Site120, Site1, C1, C2, C5) \wedge SPreferred(Site1, Site120, C3, C4) \rightarrow \neg option(site120)) \rightarrow option(site1)) \}, option(site1)$

Table 5.6. Arguments décisionnels présentés par les participants lors du tour 1

L'agent initiateur établit les relations d'attaques et de supports reliant les différents arguments décisionnels. L'argument A_2^1 émis par l'agent économique par exemple attaque tous les arguments décisionnels émis par les autres agents. Par contre, les arguments A_3^1 et A_4^1 émis par les agents public et protection de l'environnement seront reliés par une relation de support puisqu'ils soutiennent la même conclusion. Les différents arguments ainsi que les relations d'interactions établis lors du tour 1 sont illustrés par la table suivante.

Arguments Décisionnels	$ARG^1 = \{A_1^1, A_2^1, A_3^1, A_4^1\}$
Relations d'attaques	$R_{att}^1 = \{A_1^1 R_{att}^1 A_2^1, A_3^1 A_4^1\} \{A_2^1 R_{att}^1 A_1^1, A_3^1, A_4^1\} \{A_3^1 R_{att}^1 A_1^1, A_2^1\} \{A_4^1 R_{att}^1 A_1^1, A_2^1\}$
Relations de supports	$S_{sup}^1 = \{A_3^1 S_{sup}^1 A_4^1\} \{A_4^1 S_{sup}^1 A_3^1\}$

Table5.7 Relations d'interactions inter arguments (tour 1)

L'initiateur calcule la force des différents arguments décisionnels émis lors du premier tour (Figure 5.14) et se lance par la suite dans la phase de construction de coalitions.

Après formation des coalitions d'arguments, l'initiateur établit les relations d'interactions qui les relient afin de pouvoir identifier la coalition la plus optimale (Table5.8).

Muni de son système d'argumentation à base de coalitions, l'agent initiateur se lance dans le calcul de l'extension idéale du système. Lors de ce premier tour la seule coalition qui appartient à cette extensions est la coalition C_1^1 composée des arguments $\{A_3^1, A_4^1\}$. Cette coalition est la plus optimale, par conséquent l'offre qui sera proposée aux agents participants lors du prochain tour est la conclusion supportée par ses arguments c'est-à-dire **option (site1)**.

Ensembles de coalitions	$SC^1 = \{C_1^1, C_2^1, C_3^1\}$ $C_1^1 = \{A_3^1, A_4^1\}$ $C_2^1 = \{A_1^1\}$ $C_3^1 = \{A_2^1\}$
Relations d'interactions	C_1^1 défait ¹ $\{C_2^1, C_3^1\}$ C_2^1 défait ¹ $\{C_3^1\}$
Coalition optimale	$C_1^1 = \{A_3^1, A_4^1\}$

Table5.8 Choix coalition optimale lors du tour 1.

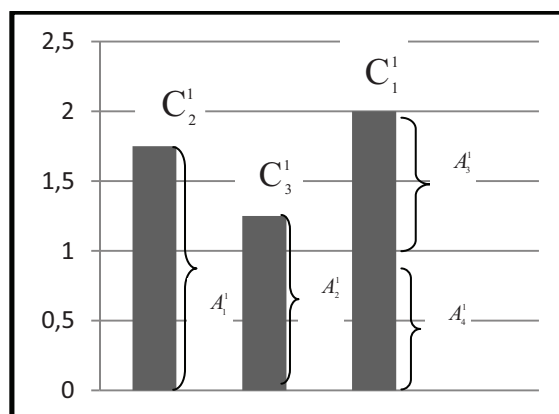


Figure 5.14 Poids Argument décisionnel

L'agent initiateur envoie aux participants sa nouvelle proposition **option (site1)**, encore une fois le nombre d'acceptation est inférieur au seuil d'acceptation qui est fixé à 75% pour cette étude.

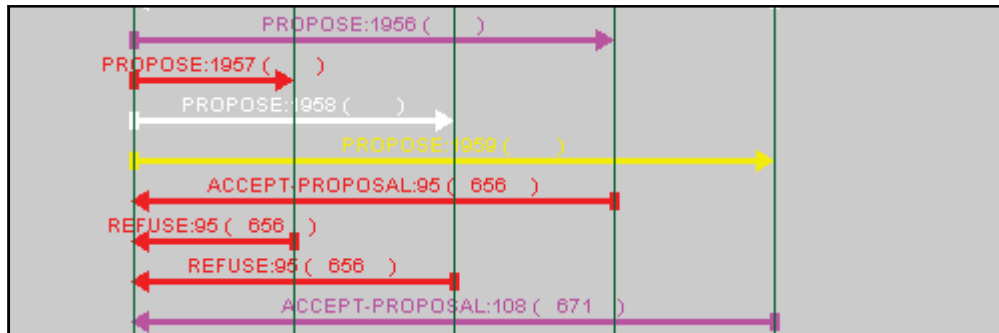


Figure 5.15 Visualisation du message Propose () et les réponses des participants lors du tour 2

L'agent initiateur est dans l'obligation de faire une nouvelle offre qui pourrait satisfaire les agents participants, pour cela il envoie aux différents agents un message de type Request() afin de les inciter à émettre leurs seconds meilleurs arguments dans le but d'expliquer les raisons qui les ont poussées à accepter ou refuser sa proposition comme illustré par la Figure 5.16. Les différents arguments décisionnels présentés par les participants lors de ce second tour sont illustrés par la Table 5.9.

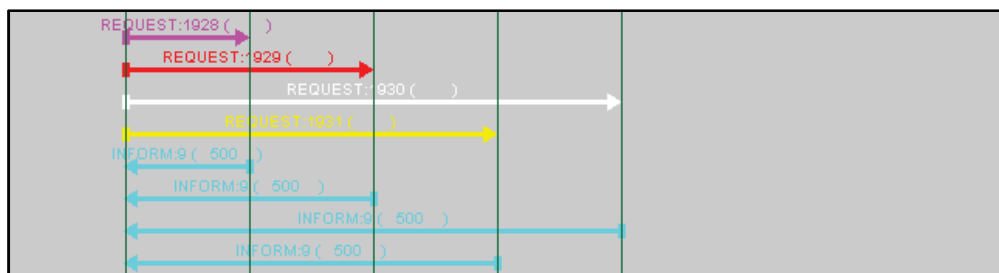


Figure 5.16 Visualisation des messages Request()/Inform() échangés entre les participants et l'initiateur (tour 2)

Agents Participants	Arguments décisionnels
Agent Politique	$A_1^2 \{ (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site1}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site1}, \text{C1}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})) , (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C1}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) , (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site37}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) , (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site120}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site120}, \text{C1}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) , (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site1}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site1}, \text{C1}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})) \wedge (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site102}, \text{C1}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) \wedge (\text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site37}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site71}, \text{Site120}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{site120}, \text{C1}, \text{C5})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120}) \rightarrow \text{option}(\text{site71})) \} , \text{option}(\text{site71})$

Agent Economique	$A_2^2 \{(\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site1}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1})), (\text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})), (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})), (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})), (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site1}, \text{Site103}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site1}))) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C1}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) \rightarrow \text{option}(\text{site103})\}, \text{option}(\text{site103})$
Public Agent	$A_3^2 \{(\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C2})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})), (\text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71}))), (\neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C1}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C2}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37}))), (\text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120}))), (\text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C2})) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site102})) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C1}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site71}, \text{Site103}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site103}, \text{C1}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site103}, \text{Site37}, \text{C2}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site103}, \text{Site120}, \text{C1}) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) \rightarrow \text{option}(\text{site103})\}, \text{option}(\text{site103})$
PENV Agent	$A_4^2 \{(\text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site71}, \text{C1}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site102}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \text{SPreferred}(\text{site102}, \text{site71}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site103})) \wedge (\neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site102}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site37}, \text{C2}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site102}, \text{Site37}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge (\neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C2}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site102}, \text{Site120}, \text{C3}, \text{C4}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120}))), (\text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site71}, \text{C1}) \wedge \text{WPreferred}(\text{Site102}, \text{Site71}, \text{C2}) \wedge \text{SPreferred}(\text{site102}, \text{site71}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site71})) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site103}, \text{Site102}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site103}, \text{C2}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site103})) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site37}, \text{Site102}, \text{C1}) \wedge \text{Equivalent}(\text{Site102}, \text{Site37}, \text{C2}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site102}, \text{Site37}, \text{C3}, \text{C4}, \text{C5}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site37})) \wedge \neg \text{Asgoodas}(\text{Site120}, \text{Site102}, \text{C1}, \text{C2}, \text{C5}) \wedge \text{SPreferred}(\text{Site102}, \text{Site120}, \text{C3}, \text{C4}) \rightarrow \neg \text{option}(\text{site120})) \rightarrow \text{option}(\text{site102})\}, \text{option}(\text{site102})$

Table 5.9 Arguments décisionnels présentés par les participants lors du tour 2

Après réception des arguments décisionnels (tour2), l'agent initiateur établit les relations d'attaques et de supports, calcule la force de chaque argument (figure 5.17) puis se lance encore une fois dans la phase de formation de coalitions d'arguments. Les différents arguments décisionnels, les relations d'interaction ainsi que l'ensemble de coalitions construites lors du tour 2 sont résumés dans la table suivante :

Arguments decisionnels	$ARG^2 = \{A_1^2, A_2^2, A_3^2, A_4^2\}$
Relations d'attaques	$R_{att}^2 = \{A_1^2 R_{att}^2 A_4^2\} \{A_2^2 R_{att}^2 A_1^2\} \{A_3^2 R_{att}^2 A_1^2, A_4^2\}$ $\{A_4^2 R_{att}^2 A_2^2, A_3^2, A_1^2\}$
Relations de supports	$S_{sup}^2 = \{A_2^2 S_{sup}^2 A_3^2\} \{A_3^2 S_{sup}^2 A_2^2\}$
Coalition d'arguments	$SC^2 = \{C_1^2, C_2^2, C_3^2\}$ $C_1^2 = \{A_2^2, A_3^2\} \quad C_2^2 = \{A_1^2\} \quad C_3^2 = \{A_4^2\}$

Table 5.10 Ensemble d'arguments et de coalitions d'arguments (tour 2).

L'agent initiateur accède à son historique de négociation qui contient déjà l'ensemble des coalitions et des arguments construits lors du tour1 puis se lance dans une phase de révision qui va d'abord toucher les arguments du tour 1(nous prenons l'exemple de l'argument A_1^1 émis par l'agent politique lors du tour 1), les relations d'attaques mais également certaines coalitions d'arguments. Les différents changements survenus lors du second tour sont illustrés par les Tables 5.11 et 5.12.

Arguments décisionnels A_1^1 après révision	$A_1^1 \{ (SPreferred(Site103, Site1, C2) \wedge Equivalent(Site103, Site1, C1, C4, C5) \wedge \neg Asgoodas(Site1, Site103, C3) \rightarrow \neg option(site1)), (SPreferred(Site103, Site102, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site102, Site103, C3) \wedge Equivalent(Site103, Site102, C1, C4, C5)) \rightarrow \neg option(site102)), (Equivalent(Site103, Site37, C1, C4, C5) \wedge SPreferred(Site103, Site37, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site37, Site103, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site37)), (Equivalent(Site103, Site120, C1, C4, C5) \wedge \neg Asgoodas(Site120, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)), ((SPreferred(Site103, Site1, C2) \wedge Equivalent(Site103, Site1, C1, C4, C5) \wedge \neg Asgoodas(Site1, Site103, C3) \rightarrow \neg option(site1)) \wedge (SPreferred(Site103, Site102, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site102, Site103, C3) \wedge Equivalent(Site103, Site102, C1, C4, C5)) \rightarrow \neg option(site102)) \wedge (Equivalent(Site103, Site37, C1, C4, C5) \wedge SPreferred(Site103, Site37, C2) \wedge \neg Asgoodas(Site37, Site103, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site37)) \wedge (Equivalent(Site103, Site120, C1, C4, C5) \wedge \neg Asgoodas(Site120, Site103, C2, C3, C4, C5) \rightarrow \neg option(site120)) \rightarrow option(site103) \}, option(site103)$
---	--

 Table 5.11 arguments décisionnel A_1^1 après révision

Relations d'attaque tour1 après révision	$R_{att}^1 = \{A_1^1 R_{att}^1 A_3^1, A_2^1, A_4^1\} \{A_2^1 R_{att}^1 A_3^1, A_4^1\}$ $\{A_3^1 R_{att}^1 A_2^1\} \{A_4^1 R_{att}^1 A_1^1\}$
Addition nouvelles relations d'attaques	$R_{att}^{2'} = \{R_{att}^1 \cup R_{att}^2 \cup R_{att}^{1,2}\}$ $R_{att}^{1,2} = \{A_1^1 R_{att}^{1,2} A_4^2\} \{A_2^1 R_{att}^{1,2} A_1^2\} \{A_3^1 R_{att}^{1,2} A_1^2, A_4^2\}$ $\{A_4^1 R_{att}^{1,2} A_2^2, A_3^2, A_1^2\} \{A_1^2 R_{att}^{1,2} A_2^1, A_3^1, A_4^1\} \{A_2^2 R_{att}^{1,2} A_4^1, A_3^1\} \{A_3^2 R_{att}^{1,2} A_2^1\} \{A_4^2 R_{att}^{1,2} A_1^1\}$
Ensemble de coalitions après fusion	$SC^{2'} = SC^1 \cup SC^2$ $SC^{2'} = \{C_1^2, C_2^2, C_3^2, C_1^1, C_2^1, C_3^1\}$

Ensemble de coalitions après révision	$C_{1,2}^{2'} = C_2^1 \cup C_1^2$ $C_{3,3}^{2'} = C_3^1 \cup C_3^2$ $SC^{2'} = \{ C_2^2, C_{1,2}^{2'}, C_1^1, C_{3,3}^{2'} \}$
---------------------------------------	--

Table 5.12 Relation d'attaques et ensemble de coalitions d'arguments après révision (tour 2).

L'initiateur établit les relations d'interactions qui relient les différentes coalitions afin de pouvoir identifier la coalition la plus optimale au tour 2 comme illustrée dans la Table 5.13.

Lors de ce second tour, la coalition optimale est la coalition $C_{1,2}^{2'}$ elle est composée des arguments $\{ A_2^2, A_3^2, A_1^1 \}$. La proposition qui sera proposée aux agents participant lors du prochain tour est la conclusion supportée par ses arguments c'est-à-dire **option (site103)**

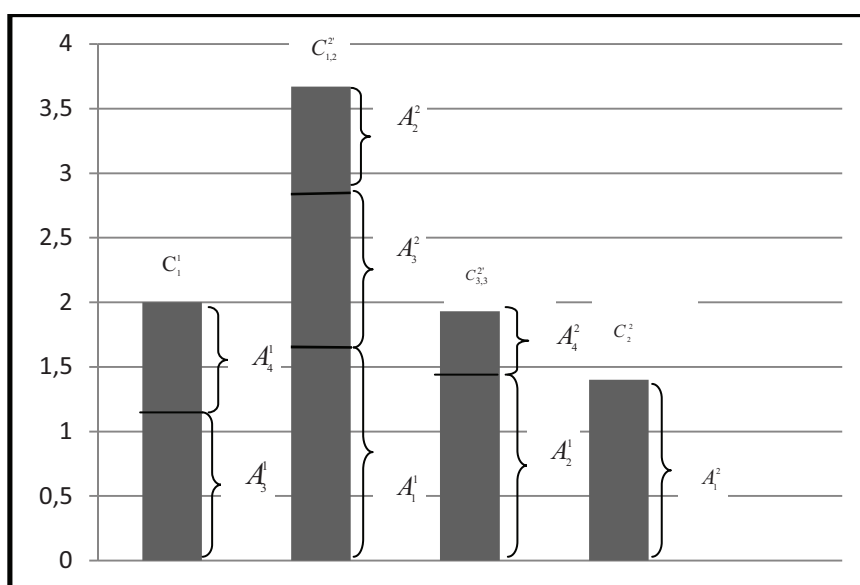


Figure 5.17 Poids Argument décisionnel (tour2)

Ensembles de coalitions (tour2)	$SC^{2'} = \{ C_2^2, C_{1,2}^{2'}, C_1^1, C_{3,3}^{2'} \}$ $C_1^1 = \{ A_3^1, A_4^1 \}$ $C_2^2 = \{ A_1^2 \}$ $C_{1,2}^{2'} = \{ A_2^2, A_3^2, A_1^1 \}$ $C_{3,3}^{2'} = \{ A_4^2, A_2^2 \}$
Relations d'interactions (tour2)	$C_{1,2}^{2'}$ défait ² $\{ C_1^1, C_2^2, C_{3,3}^{2'} \}$ $C_{3,3}^{2'}$ défait ² $\{ C_2^2, C_1^1 \}$ C_1^1 défait ² $\{ C_2^2 \}$
Coalition optimale (tour2)	$C_{1,2}^{2'} = \{ A_2^2, A_3^2, A_1^1 \}$

Table 5.13 Choix coalition optimale lors du tour 2.

L'initiateur envoie sa nouvelle proposition **option (site 103)** aux agents participants (Agent économique et agent public) n'ayant pas accepté ou émis des arguments décisionnels en faveur de cette option lors des tours antérieurs. Chacun des deux participants accède à sa base d'argumentation respective pour vérifier s'il existe pour le troisième tour un argument décisionnel en faveur de la proposition de l'initiateur.

La proposition de l'agent initiateur est acceptée par les agents participants économique et public vu qu'il existe dans leur base d'argumentation des arguments décisionnels en faveur de la proposition de l'initiateur.

La négociation est un succès et l'initiateur indique à tous les participants la fin de la négociation en leur envoyant le message Confirm(). Les différents messages échangés entre l'initiateur et les participants sont illustrés par la figure suivante.

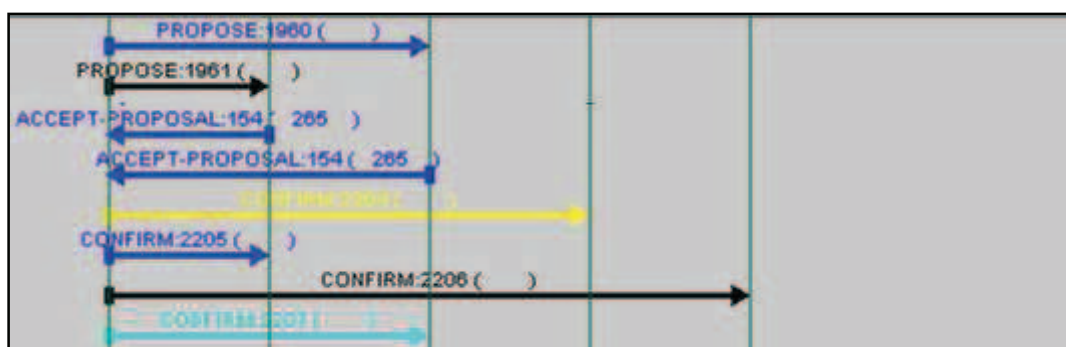


Figure 5.18 Visualisation des messages échangés entre participants et initiateur (tour3)

La ressource choisie **site 103** (couleur bleu) après négociation est visualisée grâce aux SIG comme illustré par la Figure (5.18).

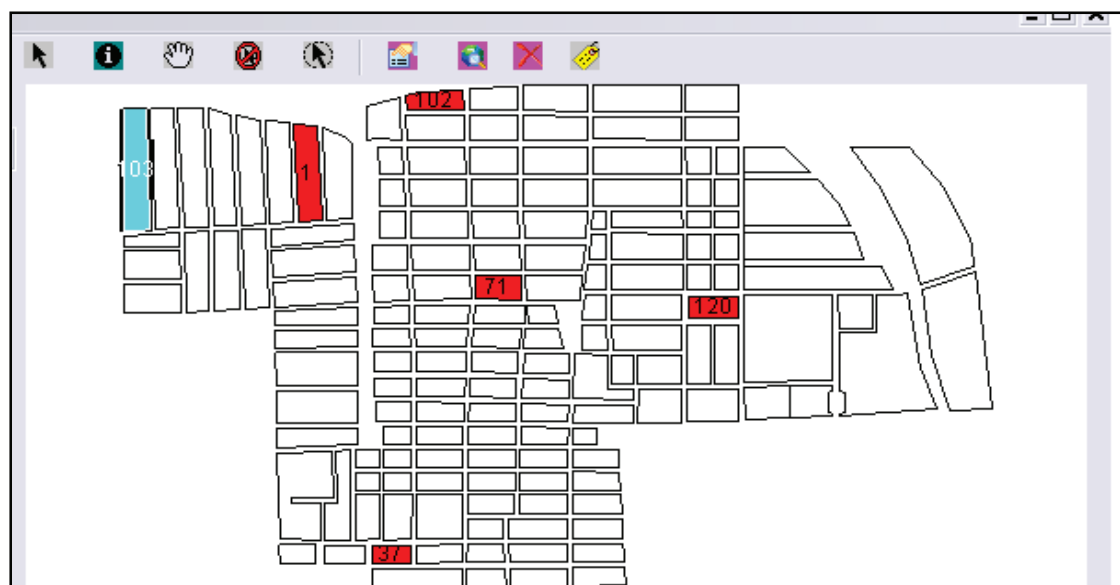


Figure 5.19 : Visualisation du site choisi après négociation

4. Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons présenté un outil d'aide multicritères à la décision collective à référence spatiale permettant d'apporter une aide considérable aux décideurs du territoire devant faire face à des problèmes complexes, faisant intervenir des critères conflictuels et de nombreux acteurs. Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques résultats expérimentaux fournis par notre système d'aide à la décision qui permet de traiter la problématique de localisation en AT en exploitant :

Les avantages que procurent les SIG en termes d'affichage. En effet, grâce à ces derniers on peut visualiser la zone d'étude, les différents îlots vierges et construire la matrice de performance.

Les avantages qu'offrent les SMA se caractérisent par la possibilité de représenter le plus fidèlement possible les différents acteurs et décideurs sous forme d'agent participant.

Ces agents sont dotés de la méthode multicritères PAMSSEM II, traitant une problématique de rangement permettant d'ordonner l'ensemble d'alternatives candidates de la meilleur à la moins bonne. Les différents agents du système passent par une phase de négociation durant laquelle les agents participants présentent leurs arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives préférées tandis que l'initiateur doté d'un système d'argumentation tente de trouver des propositions qui pourraient constituer un consensus acceptable pour les participants. Plusieurs tours de négociation sont nécessaire pour aboutir à un accord satisfaisant la majorité des participants le résultat final sera visualisé grâce aux SIG.

Conclusion Générale et Perspectives

Conclusion générale et Perspectives

La prise de décision est l'une des préoccupations majeures de plusieurs sciences et domaines appliqués : telles que l'administration des affaires, l'administration publique, l'ingénierie ou encore la recherche opérationnelle.

Une très grande partie des problèmes de décision se caractérise à la fois par un environnement décisionnel complexe faisant intervenir une multitude de critères et de nombreux acteurs dont les points de vue sont souvent divergents. Ce type de problématique est plus connu dans la littérature spécialisée sous la dénomination de *décision multicritères de groupe* ou encore *décision multicritères et multi acteurs*.

Les recherches concernant l'aide multicritères à la décision en contexte multi acteurs visent à développer des modèles plus ou moins formalisés dans la perspective d'améliorer, de faciliter et d'accompagner les décideurs lors de la prise de décision. Ce contexte multicritères et multi acteurs se retrouve dans divers champs d'application et notamment dans les problématiques environnementales.

L'aide à la décision territoriale se concentre sur les décisions qui ont un effet sur le territoire. Il peut s'agir de la localisation d'une infrastructure publique ou privée, de l'organisation d'un réseau de services, de la mise en place d'une politique publique à incidence spatiale telle qu'une politique de transport ou de l'aménagement d'un quartier.

La décision territoriale possède deux caractéristiques principales : la première est la place particulière que prend l'information spatiale dans le processus décisionnel. La seconde caractéristique est empirique, elle résulte du constat que la décision territoriale est souvent conflictuelle.

L'Aménagement du Territoire(AT) est un domaine vaste dont les problématiques sont nombreuses et diverses. Nous nous intéressons dans la présente étude plus particulièrement à la problématique de localisation qui consiste en la recherche d'une surface satisfaisant au mieux certains critères pour une construction donnée [Joe, 97].

La nécessité de disposer de véritables outils d'aide à la décision en localisation spatiale devient de plus en plus impérieuse. Ce besoin est donc celui d'outils qui soient scientifiquement fiables tenant bénéfice de la spatialité de l'information disponible, permettant de prendre en considération divers critères, tant sociaux et économiques qu'environnementaux qui assurent la participation des différents acteurs concernés par la décision territoriale dont l'implication dans le processus de décision est essentielle pour atteindre une certaine légitimité.

Le couple systèmes d'information géographiques (SIG) et méthodes d'analyse multicritères (MAMC) s'avère par ailleurs être l'outil favori de plusieurs auteurs traitant la problématique de localisation. Ainsi, des propositions visant à rassembler ces deux outils ont émergés depuis le début des années 1990 et le nombre d'exemples d'utilisation conjointe a dès lors,

régulièrement augmenté au point de constituer une partie substantielle de la recherche en géomatique [Mal, 06].

Une très grande partie des problèmes de décision territoriale impliquent un large panel d'acteurs ayant des objectifs et des points de vue qui sont souvent contradictoires. Ainsi, le choix des outils ou des méthodes permettant de faciliter voire de structurer les interactions entre les différents acteurs aura un effet déterminant sur le processus de décision collective et conséquemment sur la qualité de la décision finale.

A ce titre, l'utilisation du paradigme multi agents nous a semblé une option prometteuse pour le développement d'outils d'aide à la décision. En effet, l'utilisation des systèmes multi agents dans la modélisation de problèmes de gestion du territoire sous contrainte collective est fort intéressante de par la nature de ces deux domaines qui regroupent des notions telles que la décentralisation, l'autonomie de chaque entité ainsi que les interactions entre les diverses entités du système. Dans ces modèles, il peut y avoir une correspondance directe entre les agents et les individus, les organisations ou encore les acteurs qui existent dans le monde réel. Ainsi les interactions entre agents peuvent de la même manière correspondre aux interactions entre les acteurs du territoire.

Cependant, la prise de décision au sein d'un groupe relève d'un processus complexe. Chacun ayant des intérêts et des désirs différents voire opposés. Il faut alors trouver un consensus qui puisse satisfaire des participants interdépendants dont les positions de départ sont conflictuelles. La recherche d'un consensus satisfaisant dans un contexte multicritères et multi acteurs est une tâche fastidieuse cela est due principalement à la présence d'une multitude de solutions candidates, de multiples critères contradictoires et de plusieurs intervenants aux attributions, pouvoirs et intérêts multiples.

Ayant, déjà prouvé son efficacité dans la résolution de conflit, nous optons pour l'utilisation de la négociation comme une alternative pour la recherche de compromis mutuellement acceptable pour un groupe d'acteurs.

Le premier chapitre est consacré à la définition du cadre formel dans lequel s'inscrivent nos travaux de recherche à savoir l'aide à la décision multicritères et multi acteurs. Dans ce chapitre nous avons introduit les concepts de base structurants l'aide multicritères à la décision. Par la suite, nous avons abordés en détails les aspects multi acteurs (collectifs) et multicritères qui peuvent caractériser la prise de décision.

Lors du second chapitre nous nous sommes intéressée aux notions d'agents et de systèmes multi agents(SMA) formalismes de base de notre système décisionnel, une attention particulière a ensuite été portée à la négociation, mécanisme puissant pour la résolution de conflit et la recherche de consensus satisfaisant pour un groupe d'agents. Nous avons passé en revue les différentes formes de négociation dans le SMA particulièrement la négociation par argumentation qui s'apparente à la manière dont les humains négocient et qui constitue le cadre de nos travaux.

Le troisième chapitre quant à lui est consacré à la théorie de l'argumentation, nous y abordons les notions d'arguments, de relations d'interactions (contrariété, support) et de systèmes d'argumentation. Une panoplie de systèmes d'argumentation abstraits et logiques sont ensuite passés en revue, notamment le système d'argumentation proposé par Dung [Dun, 95] qui a inspiré la majorité des systèmes d'argumentation proposés à ce jour.

Dans le chapitre 4 sont présentées en détails nos principales contributions qui portent sur la proposition d'un :

- Modèle d'aide à la décision adapté au contexte spatial, multicritères et multi acteurs qui nous intéresse.
- Système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe dédié à la problématique de localisation qui consiste en la recherche du site le plus adéquat pour une construction donnée.

Bien que des progrès considérables aient été réalisés dans le domaine de recherche relatif aux processus décisionnels, de nombreux auteurs regrettent que la plupart des processus proposés dans la littérature ne soient pas très adaptés à un contexte de décision de groupe.

En effet, plusieurs travaux sont venus remettre en question la perspective d'une autorité centralisée et monopolisée par un seul individu (décideur) sur laquelle repose beaucoup de processus décisionnels présentés dans la littérature.

Aujourd'hui, les décisions sont rarement le fait d'un seul individu (décideur), même si ce dernier peut avoir le pouvoir et la responsabilité de prendre la décision finale. Cette décision est souvent le fruit de consultation et d'interactions entre plusieurs acteurs. Il convient donc de considérer ces acteurs comme un facteur déterminant à prendre en considération lors de la conception de processus décisionnel.

Le second reproche concerne la déshumanisation des processus de décision. En effet les acteurs doivent être appréhendés en tant que « créateur » et « porteur » de la décision [Lan et al, 95]. Un processus de décision doit être mené non seulement pour mais avec les acteurs concernés par la prise de décision [Mar, 99]. Humaniser le processus implique de placer les acteurs (décideurs, intervenants) au cœur de la décision, ce sont eux qui doivent mettre en œuvre, animer et faire évoluer le processus décisionnel.

La majorité des modèles de prise de décision proposés dans la littérature à leur tête le modèle de Simon [Sim, 55] ne sont pas très adaptés au contexte spatial, multicritères et multi acteurs caractérisant les problématiques territoriales. Dans cette optique, notre première contribution porte sur la proposition d'un modèle de processus de prise de décision qui permet d'intégrer les différentes parties prenantes affectées par la décision spatiale et multicritères, de tenir compte de leurs objectifs, opinions, préférences et de promouvoir la réflexion collective .

L'objectif visé à travers le modèle d'aide à la décision proposé est le support à la décision collective, et la recherche de consensus dans un contexte où les points de vue et les intérêts des acteurs sont pris en considération par conséquent, le modèle suggéré intègre une phase

de négociation à travers laquelle les différents acteurs et décideurs tentent d'arriver à un résultat consensuel.

Notre second objectif à travers cette thèse est d'identifier dans le cadre des décisions territoriale, la nature et la forme des outils d'aide à la décision susceptibles d'apporter une aide efficace aux acteurs du territoire dans un contexte spatial et multicritères.

De ce fait, nous empruntons plusieurs formalismes et concepts appartenant à plusieurs disciplines afin de proposer un système d'aide multicritères à la décision spatiale de groupe.

Le système décisionnel exploite simultanément les avantages des systèmes d'information géographiques, des systèmes multi agents, des méthodes d'analyse multicritères et de la négociation par argumentation.

Le système proposé permet de :

- Représenter le territoire grâce aux fonctionnalités du SIG.
- Représenter la multiplicité et la diversité des acteurs impliqués dans la prise de décision en aménagement du territoire grâce à la technologie SMA.
- Identifier les préférences de chaque acteur (agent participant) à travers une modélisation multicritères.
- Arriver à un accord qui satisfait les différents acteurs affectés par la décision de groupe. Dans cette optique nous nous sommes tournés vers la négociation et plus précisément vers la négociation basée sur l'argumentation qui offre en l'occurrence une grande souplesse car elle permet outre d'échanger des propositions d'apporter des arguments donc des raisons de croire en elles.

Le système décisionnel proposé a été doté d'un protocole de négociation basé sur l'argumentation, il met en scène deux types d'agents : un agent initiateur et un ensemble d'agents participants. Chacun de ces deux types d'agents est muni d'un ensemble de performatifs et de stratégies utilisées lors de la négociation.

- **Les agents participants** : sont capables de générer des arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives préférées, ils apportent des explications et mettent en avant les raisons positives qui conduisent à la préférence d'une alternative par rapport aux autres. Chaque argument décisionnel est défini sous forme d'une paire prémisses conclusion et sera utilisé lors de la négociation pour justifier l'acceptation ou le refus d'une proposition faite par l'agent initiateur, lui-même doté de stratégies lui permettant de trouver un accord acceptable en prenant comme point de départ les arguments décisionnels émis par les participants.
- **L'agent initiateur** : est doté d'un système d'argumentation logique constitué d'un ensemble de coalitions d'arguments, d'une relation de contrariété et d'une relation de préférence qui relie les différentes coalitions. Chaque coalition d'arguments est composée d'un ensemble d'arguments décisionnels supportant la même ressource (alternative). Le système d'argumentation à base de coalitions permet d'identifier les coalitions d'arguments les plus acceptables et par la suite la coalition la plus optimale. La ressource supportée par les arguments composant cette coalition sera proposée aux participants. Dans ses travaux, Dung [Dung, 95] avait proposé des sémantiques pour

l'acceptabilité des arguments dans un système d'argumentation. L'ensemble des arguments acceptables doit respecter quelques propriétés de base que Dung avait définie.

N'étant pas très adaptées pour le contexte qui nous intéresse, nous avons proposé une nouvelle sémantique que nous avons nommé sémantique idéale regroupant les coalitions d'arguments jugés comme étant les plus acceptables. Enfin, lors de chaque nouveau tour de négociation, le système d'argumentation proposé est susceptible de subir des changements, des enrichissements et des révisions suite à la réception de nouveaux arguments décisionnels.

Dans le but d'illustrer au mieux le fonctionnement ainsi que l'architecture du système décisionnel proposé, le chapitre 5 présente la maquette informatique proposée ainsi que les données utilisées relatives à l'étude de cas réelle qui porte sur le choix du site le plus adéquat, parmi plusieurs pour l'implantation d'un secteur sanitaire. Les différents résultats obtenus sont discutés en détails lors de ce chapitre.

Perspectives

Les travaux accomplis durant cette thèse ouvrent plusieurs perspectives de travaux futurs. Tout d'abord, nous envisageons d'enrichir l'architecture du système décisionnel proposé en ajoutant de nouveaux modules. Nous pensons notamment à exploiter les avantages des méthodes d'analyse multicritères traitant une problématique de tri afin de réaliser une étape de prétraitement dans le but de réduire le nombre d'alternatives (actions) à étudier pour pouvoir ensuite concentrer l'étude les plus intéressantes.

Le système d'argumentation que nous avons proposé ouvre la voie à de nombreuses perspectives. D'une part, le système développé peut encore être amélioré notamment par la définition d'autres relations d'interaction reliant les différents arguments et par la définition de nouvelles extensions.

Le protocole de négociation proposé suppose que les agents ne discutent que d'une seule offre à la fois et que l'initiateur ne peut pas proposer une nouvelle offre avant de prouver que l'offre courante est totalement inacceptable. Une perspective d'extension consisterait à permettre aux agents de discuter de plusieurs offres en même temps afin de sélectionner celles qu'ils peuvent potentiellement accepter ou bien rejeter en tant que groupe.

Troisième Partie

Annexes

Annexe A

Plateformes et Méthodologie de Conception des SMA

Sommaire

1. Introduction	137
2. Méthodologie de conception des Interactions SMA.....	137
3. Plate forme de développement de système multi agents.....	139
4. Conclusion	140

Annexe A

Plateformes et Méthodologie de Conception des SMA

Cette annexe a pour objectif de donner un aperçu sur les différentes méthodologies de conception des interactions SMA ainsi que les plates-formes SMA les plus diffusées dans la littérature.

1. Introduction

Les systèmes multi agents sont très adaptés pour modéliser les phénomènes dans lesquels les interactions entre diverses entités sont assez complexes pour être appréhendées par les outils de modélisation classiques. Les SMA sont de plus en plus utilisés car ils permettent de représenter des entités autonomes, dotées de comportements et pouvant coopérer, négocier et communiquer avec d'autres entités. Lors de cette annexe nous allons présenter les différentes méthodologies de conception des interactions SMA ainsi que les plates-formes SMA les plus utilisées dans la littérature.

2. Méthodologie de conception des Interactions SMA

Afin d'appliquer le paradigme agent dans des applications industrielles complexes et à travers divers domaines, les outils pour créer de tels systèmes sont nécessaires.

De nombreuses études récentes se concentrent sur les méthodologies d'analyse et de conception orientées agente, ce domaine de recherche est en plein essor.

Lors de cette section nous allons passer en revue les méthodologies de conception des Interactions SMA les plus utilisées dans la littérature.

– Méthodologie Cassiopee

Dans Collinot [Col et al, 96], les auteurs présentent la méthode Cassiopée comme une façon d'appréhender un type de résolution de problèmes qui suppose la mise en œuvre de comportements collectifs par un ensemble d'agents logiciels.

Les auteurs modélisent ce cadre méthodologique suivant trois étapes :

- Définition des Agents : le concepteur répartit les connaissances et les compétences nécessaires aux systèmes entre les agents.

- Définition des Interactions : le concepteur définit le mode de communication entre les agents, la nature de leurs échanges.
- Définition de l'Organisation : le concepteur définit les liens entre les agents qu'il a conçus, comment travailleront-ils en commun afin d'atteindre l'objectif global que le système dans son ensemble doit atteindre.

– Méthodologie Gaia

Les auteurs dans [Woo et al, 00] présentent la méthodologie Gaia pour l'analyse et la conception orientée agent. Le but de cette approche est de laisser la conception de base niveau et l'implantation les plus ouverts possibles de façon à laisser la possibilité au concepteur d'adopter l'architecture et le langage de programmation qu'il désire.

Gaia impose aux agents (organisation) d'avoir des liens statiques et de ce fait elle ne respecte pas la dynamique du système.

Dans le processus de conception de Gaia, la première étape consiste à associer des rôles aux différents types d'agents et ensuite de créer le bon nombre d'instances d'agent de chaque type. La deuxième étape consiste à déterminer le modèle des services requis pour accomplir un rôle pour un ou plusieurs agents. L'étape finale s'intéresse à créer le modèle d'acointances pour la représentation des communications entre les agents qui n'est rien d'autre qu'un graphe liant les différents types d'agents.

– Méthodologie MaSE

Wood et DeLoach [Woo et ,00] suggèrent une modélisation appelée « Multiagent Systems Engineering » (MaSE).

MaSE est semblable à Gaia dans tout ce qui concerne le principe et ses généralités. Elle utilise deux langages, AgML (Agent Modelling Language), qui est un langage graphique, et AgDL (Agent Definition language) pour décrire le comportement du système et celui de l'agent. La méthodologie de MaSE est divisée en sept phases :

- capture des buts
- application des cas d'utilisation
- raffinement des rôles
- création de classes d'agents
- construction des conversations
- paquetage ou assemblage des classes d'agents
- conception du système

En ce qui concerne les conversations, l'étape de conception du domaine décrit, en plus des classes d'agent, les protocoles possibles de coordination entre les classes à travers des diagrammes qui sont représentés par des automates à états finis.

– Méthodologie AEIO

La méthodologie d'analyse et de conception Voyelle (AEIO) [Oce, 2001] consiste à décomposer le système multi agents en quatre entités qui sont les Agents(A), l'Environnement (E), l'Interaction (I) et l'Organisation(O). La méthodologie considère les quatre phases de construction des SMA que sont l'analyse, la conception, le développement et le déploiement. Cette méthodologie est intéressante car elle fédère en quelque sorte les différentes méthodologies, conduit le concepteur très tôt dans l'analyse et l'oriente à effectuer le choix des modèles et langages pour la réalisation. Son insuffisance est liée au fait qu'elle n'aborde pas les phases de vérification et validation du système.

– Méthodologie Aalaadin

Le modèle Aalaadin [Gut et al, 98] propose une méthodologie conceptuelle permettant de définir l'ensemble des rôles possibles, spécifier les interactions et décrire les structures abstraites de groupe et d'organisation. Les étapes du processus méthodologique de conception de la structure organisationnelle sont les suivantes :

- identifier les groupes,
- choisir ou créer un modèle organisationnel spécifique adapté à chaque structure de groupe isolé,
- spécifier la structure organisationnelle dans le modèle choisi,
- identifier les entités supplémentaires éventuelles,
- décrire les schémas d'interactions,
- définir les architectures individuelles.

La démarche reste intéressante bien qu'elle donne une liberté au concepteur d'utiliser le formalisme qu'il juge utile pour modéliser des protocoles.

3. Plate formes de développement de systèmes multi agents

Les principales plates-formes SMA disponibles et utilisables sont présentées dans la table suivant [Ben, 10]

CORMAS (COMmon Resources Multi-Agent System) : est un framework de développement de systèmes multi-agents, open-source et basé sur le langage de programmation orientée objet SmallTalk . Spatialisé, il est centré sur des problématiques de recherche en sciences du développement et de négociation entre acteurs.

JADE (Java Agent DEvelopment) est un framework de développement de systèmes multi-agents, open-source et basé sur le langage Java. Il offre en particulier un support avancé de la norme FIPA-ACL, ainsi que des outils de validation syntaxique des messages entre agents basé sur les ontologies.

MadKit : est une plate-forme multi agentsmodulaire écrite en Java et construite autour du modèle organisationnel Agent/Groupe/Rôle. C'est une plate-forme libre basée sur la licence GPL/LGPL développée au sein du LIRMM.

MAGIQUE : est une plate-forme pour agents physiquement distribués écrite en Java et fournissant un modèle de communication original d'appel à la cantonade. Dans MAGIQUE, les compétences sont dissociées des agents. L'architecture des agents et les différentes compétences sont développées séparément. Les compétences sont ensuite greffées comme plugin dans les agents au gré du concepteur. Cette plate-forme est développée au sein du LIFL.
OMAS , <i>Open Multi-Agent Asynchronous Systems</i> : est une plate-forme de recherche développée par l'équipe d'intelligence artificielle de l'Université de Technologie de Compiègne, sous la direction de Jean-Paul Barthès.
JAgent : est un framework open source réalisé en Java dont l'objectif est de faciliter le développement et le test de systèmes multi agents.
Jason : est un environnement <i>open source</i> de développement d'agents dans le formalisme AgentSpeak, et développé en Java par Jomi Fred Hübner et Rafael H. Bordini.
JACK : est un langage de programmation et un environnement de développement pour agents cognitifs, développé par la société Agent Oriented Software comme une extension orientée agent du langage Java.
SemanticAgent : est basé sur JADE et permet le développement d'agents dont le comportement est représenté en SWRL. SemanticAgent est développé au sein du LIRIS, il est open-source et sous licence GPL V3.
DoMIS : est un outil permettant la conception de Systèmes Multi agents(orientés "pilotage opérationnel de systèmes complexes") et basé sur la méthode de conception B-ADSc. Axé sur la conception, DoMIS permet l'établissement de spécifications utilisables par toute plateforme de développement capable de simuler, au mieux, le temps réel.
AnyLogic : Logiciel de simulation multi agentset multi-méthode
Jadex, est une plate-forme agent développée en JAVA par l'université de Hambourg qui se veut modulaire, compatible avec de nombreux standards et capable de développer des agents suivant le modèle BDI.
SPADE est un environnement de développement d'organisations multi agentsbasé sur le protocole XMPP et est écrit en Python .

Table A.1 : Plate-forme de développement de systèmes multi agents

4. Conclusion

Si de nombreux environnements multi agents ont pour objectif de faire coopérer les agents en vue de la réalisation d'un but commun, d'autres systèmes en revanche utilisent des agents qui ont des intérêts conflictuels nécessitant une négociation entre eux. En effet, lorsque plusieurs agents interagissent, des conflits peuvent survenir, ce qui nécessite l'utilisation de mécanismes de résolution de conflits.

Annexe B

Taxinomie des Méthodes d'Analyse Multicritères

Sommaire

1. Introduction	142
2. Taxinomie des méthodes d'analyse multicritères.....	142
3. Présentation de la méthode multicritères Pamssem II.....	144
4. Conclusion	145

Annexe B

Taxinomie des Méthodes d'Analyse Multicritères

L'objectif de cette annexe est de donner un aperçu sur le principe général de différentes méthodes d'analyse multicritères traitant divers types de problématiques, une attention particulière est portée à la méthode PamssemII.

1. Introduction

L'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision où plusieurs critères souvent contradictoires, doivent être pris en compte.

2. Taxinomie des méthodes d'analyse multicritères

Lors de cette section nous allons présenter le principe général d'une multitude de méthodes multicritères, qui seront classifiées selon la nature de l'agrégation [Eln, 16]

2.1 Méthodes par agrégation totale

Méthode	Principe	Référence
Somme et Moyenne pondérées	Opérateur d'agrégation de compromis – Nécessite des critères quantitatifs avec la même échelle – Somme des performances multipliées par les poids des critères – Diviser la somme pondérée par la somme des poids (Moyenne pondérée)	[Roy, 85]
MAUT	– Basée sur le principe de l'utilité – Construire les fonctions d'utilité – Intégrer les fonctions d'utilité dans une "super fonction"	[Ben, 00]

AHP	– Présente un problème complexe sous forme d'une hiérarchie – Effectuer une série de comparaisons binaires – Calculer les poids relatifs des critères – Calculer le ratio de cohérence (RC) et Vérifier la fiabilité des résultats.	[Saa, 80]
-----	--	-----------

Table B.1 Quelques méthodes procédant par agrégation totale

2.2 Méthodes par agrégation partielle

Méthode	Principe	Référence
ELECTRE (I, II, III, Tri, Is, IV)	Calculer les indices de concordance et de discordance – Etablir les relations de surclassement – Exploitation des relations de surclassement (graphe de surclassement, distillation, procédure optimiste et pessimiste, etc.)	[Bou, 15]
PROMETHEE (I, II, III, IV)	Choisir pour chaque critère le type qui convient – Calculer les préférences partielles et la préférence globale – Calculer les flux entrants et sortants et le flux net – Etablir un préordre partiel ou total	[Aya, 10]
MACBETH	Définir le contexte qui englobe les critères et les actions – Comparaisons entre les actions en fonction du penchant du décideur – Comparaisons entre les critères en fonction du penchant du décideur – Test de consistance pour la fiabilité des "jugements catégoriques"	[Aya, 10]

Table B.2 Quelques méthodes procédant par agrégation partielle

2.3 Méthodes par agrégation locale

Méthode	Principe	Référence
Programmation Linéaire Multicritères (PLM)	Désigner pour chaque fonction critère un optimum – Définir le "point de mire" – Trouver un point se rapprochant le plus possible du point de mire tout en appartenant à l'espace à "m" dimensions (optimums des critères)	[Ben, 00]
STEM et autres	Minimiser une distance pondérée augmentée de Tchebycheff par rapport au " point de mire ". – Variante plus simple proposée par Vincke – Somme pondérée interactive de Zionts, UTA interactive, etc. – Méthodes de Zinots-Wallenius, Jacquet-Lagrèze, Meziani et Slowinski	[Ben, 00]

Table B.3 Quelques méthodes procédant par agrégation locale

3. Présentation de la méthode multicritères Pamssem II

La méthode multicritères PAMSSEM ressemble à ELECTRE III dans la phase agrégation, mais met en avant une phase d'exploitation à la manière de PROMETHEE. Lors de cette section nous présentons la méthode Pamssem II utilisée lors de cette étude et qui s'inspire largement de la procédure bien connue ELECTRE III pour la construction des relations de surclassement ainsi que des procédures PROMETHEEII pour l'exploitation de ces relations [Mar et al, 97]. Cette méthode passe par les phases suivantes

➤ Etape 1 calcul indice de concordance

$$C(a,b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^r P_j C_{j(a,b)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P = \sum_{j=1}^r P_j \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C_{j(a,b)} = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0 & \text{si } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(a) + p_j - q_j}{p_j - q_j} & \text{sinon} \quad \dots\dots\dots (3) \end{cases}$$

Avec:

a, b : Deux actions $\in A$ (A désigne l'ensemble des actions) ;

p_j : Le poids relative au critère j ;

$g_j(a)$: L'évaluation du critère j pour l'action a .

j : L'indice du critère;

➤ **Étape 2. Calcul des indices de discordance**

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{si } g_j(a) + p_j \geq g_j(b) \\ 1 & \text{si } g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \dots\dots\dots(4) \\ \frac{g_j(a) - g_j(b) - p_j}{v_j - q_j} & \text{sinon} \end{cases}$$

. Avec:

v, q : Les seuils de veto et d'indifférence

Étape 3. Calcul du degré de surclassement.

À partir des indices de concordance et de discordance les degrés de surclassement sont calculés

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b) & \text{si } d_j(a,b) \leq C(a,b) \\ C(a,b) * \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)} & \text{avec } J(a,b) \text{ l'ensemble des critères tel} \\ & \text{que } d_j(a,b) > C(a,b) \end{cases}$$

Étape 4. Exploitation des degrés de surclassement.

On exploite alors les degrés de surclassement en utilisant les concepts de flux entrant et flux sortant de la procédure PROMÉTHÉE II, la différence des deux flux permet de classer les actions de la meilleure à la moins bonne.

4. Conclusion

Cette annexe consacrée à l'analyse multicritère, nous a permis d'une part d'expliquer le principe de certaines méthodes d'analyse multicritère ainsi que l'apport théorique et pratique qu'elles sont susceptibles d'apporter aux décideurs. Nous avons également présenté la méthode multicritère Pamssem II qui exploite les avantages des méthodes multicritère ELECTRE III et PROMETHEEII .

Annexe C

Les Systèmes d'Information Géographique

Sommaire

1. Introduction	147
2. Définitions	147
2.1 Les avantages des SIG.....	147
2.2 Les composants d'un SIG	148
2.3 Fonctionnalités d'un SIG	149
3. Les Couches d'information dans un SIG	149
4. Mode de représentation.....	150
5. Conclusion.....	151

Annexe C

Les Systèmes d'Information Géographique

L'objectif de cette annexe est de présenter les systèmes d'information géographique, outils adéquats pour appréhender les problèmes de décision à référence spatiale.

1. Introduction

Les systèmes d'information géographique (SIG) ont été développés et exploités pour la première fois au Canada, il y a une trentaine d'années. Ce sont des outils de traitements et d'analyse très puissants, ils utilisent des méthodes et des techniques issues de plusieurs disciplines tels que l'informatique, les mathématiques, la cartographie, les statistiques, la géographie, la topographie, la cartographie, la télédétection, etc...

Nous présentons dans cette annexe, les systèmes d'information géographique une description succincte de leurs caractéristiques ainsi que les principales approches pour la modélisation et la représentation des entités géographiques sont passées en revue.

2. Définitions

« Le système d'information géographique est un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées » [Lau, 93].

2.1 Les avantages des SIG

Les SIG étaient conçus dès le départ pour palier aux inconvénients de l'outil traditionnel qu'est la cartographie conventionnelle. Parmi tous les avantages des SIG, précisons que [The, 96] :

- L'information, une fois stockée sur un support informatique, son extraction devient rapide et le coût d'une telle opération est dérisoire.
- L'échelle de la carte est dynamique, l'utilisateur peut accéder facilement à l'information relative à son secteur d'intérêt par un simple ordre communiqué au SIG.
- La mise à jour de l'information est possible et peut se faire en temps réel, des opérations longues difficiles voir impossibles à effectuer par un opérateur humain

sont devenues possibles et faciles à réaliser grâce à la puissance et à la rapidité des machines.

- La modélisation et la simulation de phénomènes complexes sont possibles et plusieurs scénarios peuvent être imaginés et réalisés en parallèle.

2.2 Les composants d'un SIG

Un SIG est formé d'un certain nombre de composants essentiels, qui suivant leurs qualités, feront un SIG plus ou moins performant [Roh, 02].

1. Les logiciels : Les logiciels SIG offrent une panoplie d'outils permettant :

- La saisie des informations géographiques sous forme numérique : Avant d'utiliser des données papier dans un SIG, il est nécessaire de les convertir dans un format informatique.
- La manipulation et interrogation des données géographiques : les sources d'informations (comme celles décrites précédemment) peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont pertinentes.
- La mise en forme et visualisation : pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes.

2. Les méthodes : La mise en œuvre et l'utilisation du SIG ne peut être effectuée sans l'application de méthodes, de règles et de procédures. Ces méthodes permettent une utilisation rigoureuse et cohérente du matériel, des logiciels et des données du SIG par l'ensemble des utilisateurs et cela afin de répondre aux objectifs fixés au préalable.

3. Les données : Constituant la base des SIG, les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur.

4. Le matériel : C'est un composant indispensable au SIG.

- L'ordinateur : le SIG fonctionne aujourd'hui sur une gamme très diversifiée d'ordinateurs allant d'une part des micro-ordinateurs (PC ou Mac) jusqu'aux stations de travail sous Unix et d'autre part, des serveurs de données jusqu'aux ordinateurs de bureau connectés en réseaux ou utilisés de façon autonome.
- Les périphériques : qui deviennent de plus en plus indispensables, sont reliés à l'ordinateur et permettent d'assurer diverses fonctions :
 - Le matériel d'acquisition des données : scanner, table à digitaliser, satellite, etc.
 - Le matériel de stockage des données : disques durs, CD Rom, disquettes, etc.
 - Le matériel de visualisation des données : écrans traditionnels, écrans plats, etc.
 - Le matériel d'impression des données : imprimantes, traceurs, etc.

5. Les utilisateurs : Comme tous les utilisateurs de SIG ne sont pas forcément des spécialistes, un SIG propose une série de boîtes simple et intuitive que l'utilisateur utilisera pour réaliser son projet.

2.3 Fonctionnalités d'un SIG

Ces composantes traduisent les cinq fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque SIG nommées les « 5A » [Mar, 02] pour : **Abstraction**, **Acquisition**, **Archivage**, **Affichage** et **Analyse**.

Abstraction : C'est la modélisation des données géographiques et de leurs spécifications afin de représenter le monde réel. Ces représentations cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible par les utilisateurs et utilisable informatiquement dans le but de répondre à des objectifs donnés.

Acquisition : Concerne la récupération de l'information existante (Données qui peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitements particuliers comme des images satellitales par exemple) et son intégration dans le système.

Archivage: Transférer les données de l'espace de travail (données dynamiques) vers l'espace de stockage (données statiques).

Analyse : Consiste en l'analyse des données par des méthodes quantitatives et statistiques et aussi l'analyse spatiale par des opérateurs.

Affichage : Visualisation de l'information géographique sous forme de cartes, tables (listes).

3. Les Couches d'information dans un SIG

Les informations contenues dans un SIG sont organisées généralement sous forme de couches. Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises, etc.) et facilite leurs présentations ainsi que leurs manipulations [Dne et al, 96]. La représentation des informations sous forme de couches est illustrée par la figure suivante.

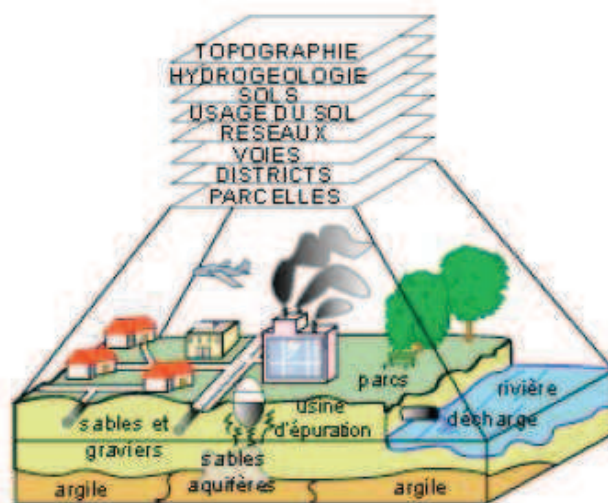


Figure C.1 : Organisation en couches dans un SIG

4. Les modes de représentation

La géométrie des données spatiales est représentée à l'aide de deux modes [Ben, 05] :

1 .Le mode Raster : Ce mode correspond à un découpage de l'espace sous forme de cellules ou mailles généralement carrées appelées pixels. Les données raster proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les images satellitales qui sont directement livrées comme un ou plusieurs fichiers Raster. Plusieurs types de maillages ont été proposés (triangulaire, hexagonal, etc.), le seul qui soit en usage aujourd'hui est le maillage rectangulaire, habituellement carré. Le mode raster convient surtout à la description de surfaces, mais assez peu à celle d'objets ponctuels ou linéaires [Gue, 03] . La figure suivante décrit représente des données en mode Raster.

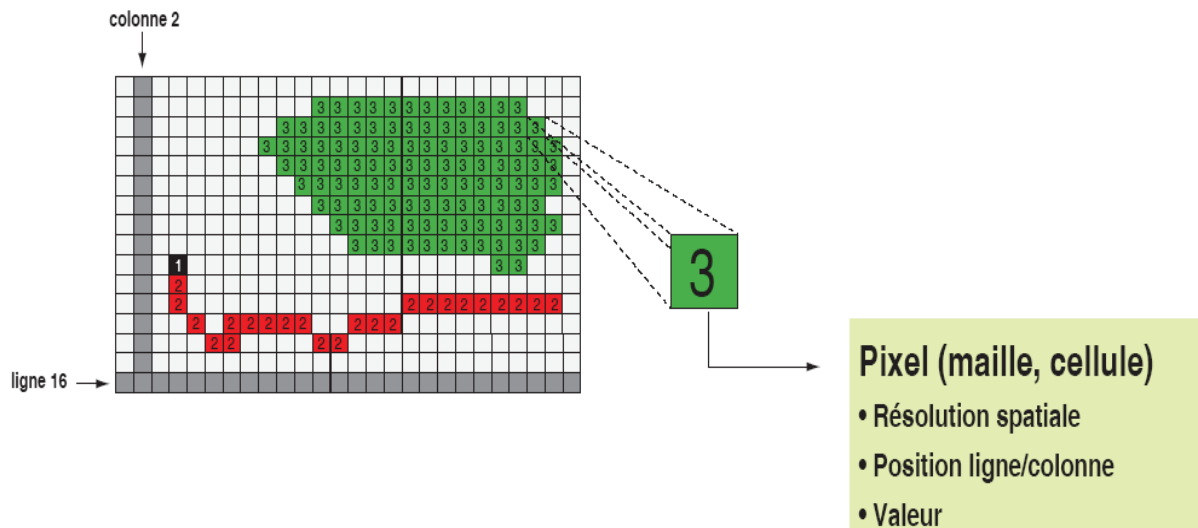


Figure C.2 Le Mode Raster

2. Le mode Vecteur : Dans ce mode, les entités spatiales sont définies individuellement de manière explicite. Le mode vecteur permet une représentation de la géométrie des objets peu coûteuse en place mémoire : un point est représenté par ses coordonnées, une ligne est représentée par une liste de points et un polygone par la liste des lignes constituant sa frontière. Des entités complexes peuvent être définies en combinant ces trois entités de base. Les données vectorielles sont organisées sous différentes façons, les plus courantes sont les organisations spaghetti et réseau topologique. Le mode vecteur ne peut s'appliquer qu'à une carte. Le mode raster peut s'appliquer indifféremment à une carte ou à une image [Gue, 03]. La figure suivante décrit représente des données en mode Vecteur.

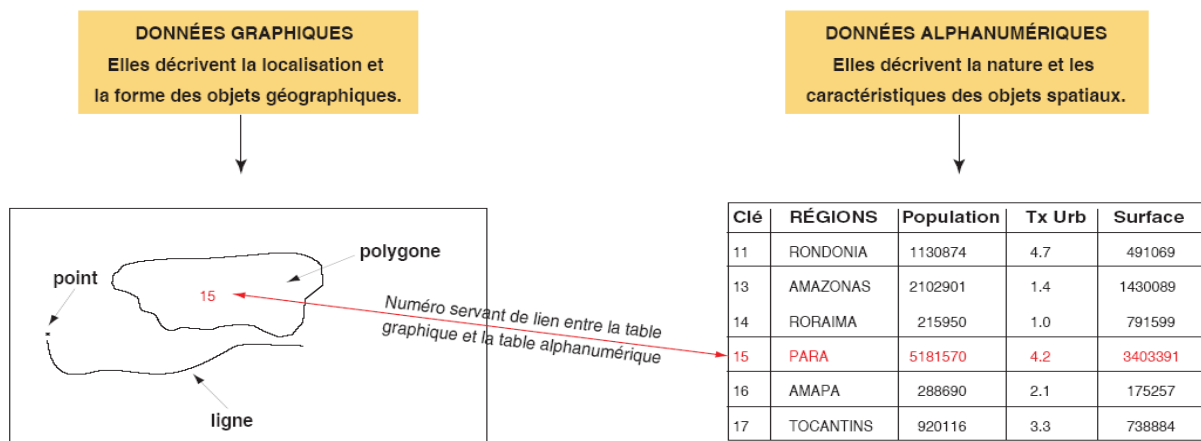


Figure C.3 Le Mode Vectoriel

5. Conclusion

Les SIG ont montré leur efficacité essentiellement en ce qui concerne la gestion et la représentation des données spatiales. Ils offrent une véritable aide dans ces domaines en utilisant leurs diverses fonctionnalités. Néanmoins, la technologie SIG actuelle souffre encore de plusieurs lacunes, la solution la plus diffusée pour faire évoluer les SIG vers un véritable outil d'aide à la décision est de les coupler avec d'autres outils de la recherche opérationnelle ou de l'intelligence artificielle.

Références

- [Adl, 10] A. Adla, "Aide à la Facilitation pour une prise de Décision Collective : Proposition d'un Modèle et d'un Outil ", Thèse doctorat, Université Oran1 ,2010.
- [Akn et al, 04] S.Aknine, S. Pinson ,M. Shakun, "A Multi-agent coalition formation method based on preference models", International Journal Group Decision and Negotiation, Vol 13(6) ,pp513–538,2004
- [Als et al, 06] T.Alsinet, C.I.Chesnevar ,L.Godo ,S.Sandri, "Modeling defeasible argumentation within a possibilistic logic framework with fuzzy unification", The 11th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, Paris, 2006.
- [Ame et al, 16] I.Amellal, A. Bouzidi, "Localisation industrielle : utilisation d'un outil d'aide à la décision multicritère et d'un SIG : application au cas de la région Chaouia-Ouadigha au Maroc", International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol 14 (1), pp 243-253, 2016.
- [Amg et al, 14] L.Amgoud, S.Vesic, "Preference-based argumentation frameworks", International Journal of Approximate Reasoning, Vol 55 (2), pp585-606, 2014.
- [Amg et al, 07] L.Amgoud,Y.Dimopoulos,P.Moraitis, "A unified and general framework for argumentation based Negotiation", The 6th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi agent Systems ,2007.
- [Amg et al, 06] L. Amgous, S. Belabes, H. Prade, " A formal general setting for dialogue protocols", The 12th International Conference on Artificial Intelligence Methodology, Systems, Applications, AIMS 06, Varna, 2006.
- [Amg, 05] L. Amgoud, "Towards a formal model for task allocation via coalition formation ", Proceedings of AAMAS, pp 1185–1186, 2005.
- [Amg et al, 00] L. Amgoud, S. Parsons, L. Perrussel, "An argumentation framework based on contextual preferences", The International Conference on Formal and Applied and Practical Reasoning, 2000.
- [Amg et al, 98] L. Amgoud, C. Cayrol, "On the acceptability of arguments in Preference-based argumentation frameworks", The 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, 1998.
- [Amg et al, 97] L. Amgoud, C. Cayrol, "Integrating Preference Orderings into Argument-Based Reasoning", International Joint Conference on Qualitative and Quantitative Practical Reasoning, 1997.

- [Aya, 10] D. Ayadi, "Optimisation Multicritere De La Fiabilite : Application Du Modele De Goal Programming Avec Les Fonctions De Satisfactions Dans L'industrie De Traitement De Gaz", Thèse de Doctorat en cotutelle, Université de Sfax, Université d'Angers, 2010.
- [Bel et al, 01] V. Belto, T.J. Stewart, "Multiple criteria decision analysis : An integrated approach", Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 2001.
- [Bel, 07] S. Belabbès, "Contribution aux systèmes de délibération multi-agent : une approche argumentative", Thèse de Doctorat, Université Toulouse III, Toulouse, 2007.
- [Ben, 00] S. Ben Mena, "Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la Décision", Unité de Mathématique, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 2000.
- [Ben, 10] A. Bennabou, "Vers un Système Interactif d'Aide Mulicritères à la Décision de Groupe en Aménagement du Territoire", Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, Université Abou-Bekr-Belkaid Tlemcen, 2010.
- [Ben, 03] T.J.M. Bench-Capon, "Persuasion in practical argument using value based argument frameworks", Journal of Logic and Computation, Vol 13, pp 429–448, 2003.
- [Bes et al, 01] P. Besnad, A. Hunter, "A logic-based theory of deductive arguments", Artificial Intelligence, Vol 128 (1), pp 203–235, 2001.
- [Bou, 93] D. Bouyssou, "Décision multicritère ou aide multicritère ", Newsletter of the European working group, 2nd series, 1993.
- [Bou, 10] J. Bourguet, "Contribution aux méthodes d'argumentation pour la prise de décision. Application à l'arbitrage au sein de la filière céréalière. ", Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 2010.
- [Bou et al, 15] D. Bouyssou, T. Marchant, "On the relations between ELECTRE TRI-B and ELECTRE TRI-C and on a new variant of ELECTRE TRI-B", European Journal of Operational Research, Vol 242(1), pp 201-211, 2015.
- [Cha et al, 05] S. Chakhar, V. Mousseau, C. Puscèdu, B. Roy, "Decision map for spatial decision making in urbanism planning", ROADEF, Tours, France, 2005
- [Cha ,06] S. Chakhar, "Cartographie décisionnelle multicritère : formalisation et implémentation " These de Doctorat, LAMSADE, Paris- Dauphine, 2006.
- [Cha, 09] Brahim Chaib draa, "Systèmes multi-agents", support de cours pour les masters, 2009.
- [Cha et al, 01] B. Chaib-Draa, I. Jarras, "Systèmes multi-agents: principes généraux et applications" Principes et architectures des systèmes multi-agents, J.-P. Briot et Y. Demazeau (Eds.) Hermès., 2001.

- [Cha et al, 02] B.Chaib-Draa, L. Gageut "Aspects formels des Systèmes Multi Agents" Organisation et applications des systèmes multi-agents, Hermès, pp 109-132, 2002.
- [Cha et al, 05] S.Chakhar, V.Mousseau, C.Puscedu, B. Roy, "Decision map for spatial decision making in urbanism planning", ROADEF, Tours, France, 2005
- [Cai, 03] R.Caillet, "Analyse multicritère : étude de l'existant et application en analyse du cycle de vie", Rapport de stage Étudiant de l'École Polytechnique France, 2003.
- [Cay et al, 05] C. Cayrol, M.-C.Lagasquie-Schiex, "Gradual valuation for bipolar argumentation frameworks", The 8th European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty, ECSQARU'05, 2005.
- [Cla, 93] V.Clawson, R. Bostrom, "The facilitation role in group support systems", Proceedings of the Conference on Computer Personnel Research, pp. 323-335, 1993.
- [Cye et al, 63] R.M. Cyert, J.G. March, "A Behavioral Theory of the Firm", Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1963.
- [Das et al, 96] S. Das, J. Fox, P. Krause, "A unified framework for hypothetical and practical reasoning (1): theoretical foundations", International conference on Formal and Applied Practical Reasoning, FAPR'96, 1196.
- [Dav et al, 80] R.Davis, R.Smith, "Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving", Reading in Distributed Artificial Intelligence, 1980.
- [Des et al, 87] G.De Sanctis, B. Galuppe, "A foundation for the study of group decision support systems", Management Science, Vol. 33(12), pp 1589-1609, 1987
- [Dew, 10] J.Dewey, "How we think", D.C. Health, Boston, 1910
- [Dne et al, 96] J.Denegre, F.Salge, "Les systèmes d'information géographique ", Institut Géographique National (IGN), PUF, Collection, Paris, 1996.
- [Dun, 95] P.Dung, "On the acceptability of arguments and its fundamental role in non-monotonic reasoning logic programming and n-person games", Artificial Intelligence Journal, Vol 77(2), pp 321-358, 1995
- [Dur et al, 87] E.H.Durfee, V.R.Lesser, "Using partial Global Plans to coordinate distributed problem solving ", The 10th IJCAI, Italy, 1987.
- [Elv et al, 93] M. Elvang-Goransson, J. Fox, P. Krause, "Acceptability of arguments as logical uncertainty", Actes de Symbolic and Quantitative Approches to Reasoning and Uncertainty, ECSQARU', 1993.
- [Elv et al, 95] M. Elvang-Goransson, A. Hunter, "Argumentative logics: Reasoning with classically inconsistent information", Data & Knowledge Engineering, Vol 16, pp 125 - 145, 1995.

- [Erc, 93] J.Erceau, "Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents de la théorie aux applications", 23ème Ecole Internationale d'Informatique de l'AFCET, Neuchâtel, 1993.
- [Far et al, 02] P.Faratin, C.J.Sierra,N.RJennings, " Using similarity criteria to make trade-offs in automated negotiations", Artificial Intelligence, Vol 142(2),pp 205-237, 2002.
- [Fer et al, 98] J.Ferber, O.Gutknecht, "A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems", Third International Conference on Multi-Agent Systems, ICMAS, 1998.
- [Fer, 97] J.Ferber, "Les systèmes multi-agents: un aperçu général", Technique et Science Informatiques, Vol 16 (8)1997.
- [Fin, 93] T.Finin, "Specification of the KQML Agent-Communication Language", DARPA Knowledge Sharing Initiative, External Interface Working Group, 1993.
- [Fin, 94] P.N, Finlay,"Introducing decision support systems.", Oxford, UK Cambridge ,Mass., NCC Blackwell: Blackwell Publishers,1994.
- [Fip, 02] Fipa," interaction protocol specifications", Technical report, Foundation for Intelligent Physical Agents, 2002.
- [Gar et al, 00] A. Garcia, D. Gollapally, P. Tarau, G. Simari, "Deliberative stock market agents using jinni and defeasible logic programming" , ECAIWorkshop on Engineering Societies in the Agents'- World, Berlin, Germany, 2000.
- [Gue, 03] F.Guerroudji.Meddah,"La gestion du patrimoine bâti par les SIG ", Mémoire de Magister, Département d'Informatique, Faculté des Sciences, USTO, 2003.
- [Gor et al,71] G.A.Gorry, G.A.Morton," A Framework for Management Information Systems", Sloan Management Review,1971
- [Gut et al, 98] R.H.Guttman, A.G.Moukas,P.Maes, "Agent mediated electronic commerce A survey", Knowledge Engineering Review, 1998.
- [Had et al,10] N.Hadidi, Y.Dimopoulos, P. Moraitis, "Argumentative alternating offers", 9th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agents Systems,2010.
- [Ham, 16] D.Hamdadou "Méthodologie Multicritères d'Aide à la Décision", université Oran1, Ahmed BenBella, ISBN : 978-9947-0-4724-8,2016
- [Ham et al, 16] D.Hamdadou, S.Oufella, K.Bouamrane, "spatial group decision support system: Coupling negotiation and multicriteria, Intelligent Decision Technologies, Vol10 (2), pp 129-147, 2016.
- [Ham et al, 13] D.Hamdadou, S.Oufella, K.Bouamrane, "Un système d'aide à la décision spatiale de groupe : Couplage analyse multicritère et théorie des jeux satisfaisants ",7ème édition Atelier des Systèmes Décisionnels ASD, Maroc, 2013.

- [Ham et al, 11] D.Hamdadou, T.Libourel, "A MultiCriteria Group Decision Support System for Industrial Diagnosis", INFOCOM Journal of Computer Science, Lavras, MG, Brazil, Vol 10(3), pp. 01-55.
- [Ham, 08] D. Hamdadou, "Un modèle pour la prise de décision en aménagement de territoire, une approche multicritère et une approche de négociation", Thèse de Doctorat, Université Oran 1 Ahmed BenBella, 2008.
- [Ham et al, 07] D.Hamdadou, K.Labed, B.Beldjilali, "Proposal for a Decision-making process in Regional planning: GIS, Multicriterion Approach, Choquet's Integral and Genetic Algorithms", ERIMA07, 2007.
- [Hub, 84] G.Huber, " Issues in the design of group decision support systems", MIS Quarterly, Vol 8(3), pp 195-204,1984
- [Hoc, 96] J.Hoc "supervision et controle de processus la cognition en situation dynamique", PUG, Greboble, 1996.
- [Jan , 06] M.Jankovic,"Prise des décisions collaboratives dans le processus de conception de nouveaux produits. Application à l'automobile", Thèse de doctorat, École Centrale Paris, 2006
- [Jan et al, 95] P.Jankowski "Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods",International Journal of Geographical Information Systems Vol(9) 3,pp 251–273, 1995
- [Jar et al , 02] I.Jarras, B.Chaib-draa, "Aperçu sur les systèmes multi agents", Série Scientifique, Montréal, juillet 2002.
- [Joe, 97] F. Jorein, "Décider sur le territoire : Proposition d’une approche par l’utilisation de SIG et de méthodes d’analyse multicritère", Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, pp 268, 1997.
- [Igo et al, 14] I. Igoulalene, L. Benyoucef , M.KTiwari , "Novel hybrid, fuzzy multi-criteria group decision making approaches for the strategic supplier selection problem. Expert Systems with Applications Journal, Vol 42 (7) ,pp 3297,3832 ,2014.
- [Kac et al, 08] S.Kaci, L.VanderTorre,"Preference-based argumentation :Arguments supporting multiple values", International journal of Approx. Reasoning, pp730–751, 2008.
- [Kas,93] R.Kast , " La théorie de la décision, La Découverte, Coll. Repères, ISBN 2-7071-2211-4,1993.
- [Kra , 97] S.Kraus, "Negotiation and cooperation in multi-agent environments", Artificial Intelligence, 1997.
- [Kra et al, 98] S.Kraus, K.Sycara,"Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation", Artificial Intelligence Journal, Vol 104, pp 1–69, 1998.
- [Kee et al, 78] P.Keen,M.Scoot-Morton, "Decision Support Systems :An Organizational Perspective", Publisher: Addison-Wesley, 1978.

- [Lab, 06] F.Laborie, "Le concept de salle de décision collective et son application aux processus complexes EADS", Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2006.
- [Lon, 03] B.Longueville, "Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation : Application à l'automobile ", Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 2003.
- [Mal, 06] J.Malzcewski, "GIS-based multicriteria decision analysis : a survey of the literature", IJGIS, Vol. 20(7), pp703-726. 2006
- [Mar, 99] G.M Marakas, "Decision Support Systems in the Twenty-First Century", Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999
- [Mar, 05] O.Marinoni, "A stochastic spatial decision support system based on PROMETHEE", International Journal of Geographical Information Science, Vol 19(1), pp 51–68, 2005.
- [Mar et al, 03] B.Martin, ST.Onge, J.P Waaub, "An integrated decision aid system for the development of Saint-Charles River's alluvial plain", Québec, 2003.
- [Mar et al, 97] J.M.Martel, L.R.Kiss, A.Rousseau, "Pamssem Procédure d'Agrégation Multi Critère de type Surclassement de Synthèse pour Évaluation Mixtes". Faculté des sciences de l'Administration, Université Lava, 1997.
- [Mar, 02] P.Marmonier, "L'information géographique", Ecole nationale Des sciences géographiques, France, 2002.
- [May et al, 94] L.Y. Maystre, J. Pictet et J. Simos, "Méthodes multicritères Electre. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale", Presses polytechniques et universitaires romandes, 1994.
- [Maz, 01] H. Mazouz, "Ingénierie des protocoles d'interaction des systèmes distribués aux systèmes multi-agents", Thèse de Doctorat, Université Paris IX-Dauphine, Paris 2001.
- [Mer et al, 00] P.Merlin, F.Choay, " Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement " PUF, France, 2000.
- [Mer et al, 00] P.Merlin et F.Choay, " Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement " PUF, France, 2000.
- [Min, 79] H.Mintzberg, "The structuring of Organization", Prentice Hall, 1997
- [Min et al, 97] H.Minier, A. Seghrouchni, C. Labreuche, J. Mattioli. " A Multilateral Multi-issue Negotiation Protocol", 6th international joint conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Honolulu, Hawaii, Mai 2007.
- [Moo et al, 93] A.BMoore, J.AFeld, " Facilitating community and Decision Making Groups", Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1993

- [Mou, 03] V.Mousseau, "Méthodes de Surclassement ", Note de Cours pour DEA Méthodes Scientifique de Gestion, 2003
- [Nun, 97] J.FNunamaker, R. Briggs, D. Mittleman, D.R. Vogel , "Lessons from a dozen years of group support systems research", Journal of MIS, Vol 13, (3), pp. 163-207,1997.
- [Occ, 03] M. Occhetto. "Méthodologie et architectures pour la conception de systèmes multi-agents". Thèse HDR. Université Pierre Mendès France de Grenoble, 2003.
- [Ouf et al, 18] S.Oufella, D.Hamdadou , " A Collaborative Spatial Decision Support System (CSDSS) Applied To Site Selection Problems", International Journal of Applied Management Science, Vol 10(2),pp127-156,2018
- [Ouf et al, 17] S.Oufella, D.Hamdadou , " Un système d'aide Multicritère à la décision dédié aux problématiques environnementales : localisation Industrielle " Première journée scientifique sur la science au service de la santé publique et de l'environnement, Relizane, 2017 .
- [Ouf et al, 16] S.Oufella, D.Hamdadou , " Un système d'aide Multicritère à la décision de groupe pour une problématique de localisation en Aménagement du territoire", CIEBDD 2016, Oran, 2016.
- [Ouf et al,09] Oufella,S.Hamdadou,D "Proposition d'un modèle d'aide à la négociation pour les problèmes d'aménagement du territoire", Première journée scientifique sur l'informatique et ces applications, Guelma, Algérie, 2009
- [Osb et al,94] M.J.Osborne ,A. Rubinstein, "A course in game theory ", The MIT Press, Cambridge MA USA, 1994.
- [Par et al, 98] S. Parsons, C. Sierra , N. R. Jennings , "Agents that reason and negotiate by arguing", Journal of Logic and Computation, Vol8(3),pp 261-292, 1998.
- [Pic, 96] J.Pictet, "Dépasser l'évaluation environnementale, procédure d'étude et insertion dans la décision globale",Collection Meta, Presses Polytechnique et Universitaires Romandes, Lausanne, 1996.
- [Pil et al, 15] P.Pilotti,A.Casali,C.Chesnevar, "A belief revision approach for argumentation-based negotiation agents", International Journal of Applied Mathematics and Computer Science ,Vol 25(3),2015
- [Pol, 87] J. L Pollock, "Defeasible reasoning", Cognitive Science, Vol 11, pp 481 - 518, 1987.
- [Pol, 92] J. L. Pollock, "How to reason defeasibly",Artificial Intelligence, Vol 57 pp 1 - 42,1992.
- [Pra, 97] H. Prakken , "A study of Defeasible reasoning in Law", 4th ModelAge Workshop on formal Models of Agents, 1997.
- [Pru , 81] D. Pruitt, "Negotiation Behavior ",Academic Press, 1981

- [Rad, 97] K.J.Radford, "Complex decision problems. An integrated strategy for resolution, Reston Publishing Company, ,1997
- [Rah et al, 04] I.Rahwan,S.DRamchurn,N.RJenning, "Argumentation-based negotiation", The Knowledge Engineering Review, Vol 18(4),pp343-375,2004.
- [Rik et al, 14] A. Rikalovic, I. Cosic, D. Lazarevic, "GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection", Procedia Engineering, Vol 69 (10),pp54–63, 2014.
- [Ros et al, 94] J.SRosenschein, G.Zlotkin, "Rules of encounter : Designing conventions for automated negotiation among computers" , MIT Press, Cambridge MA, USA, 1994.
- [Roy et al, 93] B. Roy et D. Bouyssou, "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas", Editions Economica, Série (Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion), Paris, 1993.
- [Roy, 85] B.Roy,"Méthodologie Multicritère d'aide à la Décision". Paris, Economica édition, 1985.
- [Saa, 80] T.L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process, Planning, Piority Setting, Resource Allocation", McGraw-Hill, New york, 1980.
- [Sad et al ,01] F. Sadri, F. Toni, P. Torroni, "Dialogues for negotiation: Agent varieties and dialogue sequences", The International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages, ATAL, 2001.
- [San,02] T.Sandholm,"Memediator A next generation electronic commerce server, Computational Intelligence", Special issue on Agent Technology for Electronic Commerce Vol18(4), pp. 656-676,2002.
- [Sch, 85] A. Scharlig, "Décider sur plusieurs critères : Panorama de l'aide à la décision multicritère", Presse polytechniques romandes, 1985.
- [Sil, 94] J.A Sillince, "Multi agent conflict resolution : A computational framework for an intelligent argumentation program", Knowledge base systems ,Vol7(2) , pp75-90,1994.
- [Sim, 77] H.Simon, "Science of Management Decision, New Jersey, Prentice-Hall, Administration et processus de décision", 3me édition, Paris, Editions Economica, 1977.
- [Sim, 55] A.H.Simon, "A Behavioral Model of Rational Choice", Quarterly Journal of Economics, pp 99-118, 1955.
- [Sim, 54] H.A.Simon,"Administrative Behavior, A Study of Decision-Making Processes", The Free Press. Traduction française de la 3è édition : Administration et Processus de Décision. Economica, 1954.
- [Sim, 90] J. Simos, "L'évaluation environnementale : Un processus cognitif négocié", Thèse de Doctorat, 1990.

- [Sim et al, 92] G.R. Simari, R.P. Loui, "A mathematical treatment of defeasible reasoning and its implementation", *Artificial Intelligence journal*, Vol 53, pp 125 - 157, 1992.
- [Smo et al, 02] S.Smoliar ,R. Sprague "Communication and Understanding for Decision Support" International Conference IFIP TC8 ,Cork (Ireland),2002
- [Srd, 11] V.Srdjan, "Preference-based argumentation frameworks: Application to decision making and negotiation", Thèse doctorat, Université Montpellier II,2011.
- [Syc, 90] K.Sycara, "Persuasive argumentation in negotiation", *Theory and Decision*, Vol 28(3), pp 203-242, 1990.
- [Syc, 98] K.Sycara, "Multiagent systems", *Artificial Intelligence Magazine*, The American Association for Artificial Intelligence, Vol 19(2), pp.79–92,1998.
- [Tch, 06] A.Tchangani, "A Satisficing Game Theoretic Framework for Retrieving Relevant Objects from a Database", *International Journal of Computers, Systems and Signals*, Vol 7(2) pp. 18 – 29,06
- [Til, 00]. M.Tille, " Choix de Variantes d’Infrastructures Routières : Méthodes Multicritères " ,Thèse Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPLF), Suisse, 2000.
- [Tur et al, 05] E.Turban, J.E.Aronson, "Decision Support Systems and Intelligent Systems", seventh edition Pearson Prentice Hall,2005
- [Vin, 89] P. Vincke, "L’aide multicritère à la décision", Éditions de l’Université de Bruxelles, pp 179, 1989.
- [Ver , 04] M.H.Verrons,"Une forme de négociation entre entités virtuelles", Conférence MajecSTIC’04, 2004.
- [Ves, 01] S.Vesic,"Preference-based argumentation frameworks: Application to decision making and negotiation", 2011
- [Vre, 97] G. Vreeswijk, "Abstract Argumentation systems, *Artificial Intelligence*", Vol 90(1), pp 225–279, 1997
- [Wer, 89] E.Werner, "Cooperating Agents: A Unified Theory of Communication and Social Structure", Editors, *Distributed Artificial Intelligence*, Vol II, (Chap. 1), pp 3–36, 1989.
- [Woo, 02] M.Wooldridge, "An Introduction to MultiAgent Systems",*Decision Support Systems* ,Vol 24 ,pp17–27, 2002.
- [Woo, 99] M.Wooldridge," Multi Agent Systems: A Moderns Approach To distributed Artificial Intelligence", Chapter Intelligent Agents, 1999.
- [Woo et al, 95] M. Wookdridge, N.R Jennings, "Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, Vol 10(2), pp115.152, 1995.
- [Wur, 98] P.Wurman, M.Wellman, W.Walsh,"The Michigan Internet AuctionBot : A Configurable Auction Server for Human and Software Agents", The Second International Conference on Autonomous Agents, MN, USA, 1998.

- [Zou et al,12] A.Zouggari, L. Benyoucef, "Simulation based fuzzy topsis approach for group multi-criteria supplier selection problem" Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol 25(3), pp 507 – 519, 2012.

ملخص

تتطلب المشاكل الإقليمية، بحكم طبيعتها المعقدة في مجال الفضاء، تحديد عدة معايير واستخدام العديد من أصحاب صناعات القرار ; ذوي المصالح والرغبات المتضاربة. ومن هذا المنظور، نقترح إطاراً جديداً لصنع القرار يقوم على ثلاثة إضفاء ذات أهمية عالية: الأنظمة المتعددة الوكلاء، ونظام المعلومات الجغرافية، وتحليل القرارات المتعددة المعايير. من أجل التوصل إلى اتفاق مقبول، ستثري نظام دعم القرار المقترح، بروتوكول مفاوضات يستند على الحجج لمساعدة الجهات الفاعلة للتوصل إلى تسوية مرضية، يسمح النظام المقترح لأصحاب المصلحة بتبرير مقترحاتهم ثم يتم تقييم حجج الجهات الفاعلة وتحديد الأكثر قبولاً عن طريق نظام لتقييم الحجج. أخيراً، يتم دعم نظام صنع القرار المقترح من خلال تحديد الخطوات المختلفة التي يتعين إتباعها لإتخاذ القرار في سياق تعدد المعايير و لفاعلين

الكلمات المفتاحية: تحليل القرارات المتعددة المعايير، الأنظمة المتعددة الوكلاء، نظام المعلومات الجغرافية
نظام تقييم الحجج، بروتوكول مفاوضات

Abstract

The territorial problems by their complex nature in space matter require the definition of several criteria and utilize several stakeholders with conflicting interests and preferences. In this perspective we propose a new decision making system based on three formalisms of high importance: Multi Agent Systems, Geographic information system and Multiple Criteria Decision Analysis. To reach an acceptable agreement which can satisfy the different stakeholders, the proposed decision support system will be enriched with a negotiation protocol based on argumentation approach, which features two types of agents, participant agents (stakeholders) able to build decisional arguments in favour of their preferences, the initiator agent is endowed with an argumentation system allowing to evaluate the decisional arguments and to select the most acceptable of them. Finally, the proposed decision making system is accompanied by a model of the decision making process that defines the different steps to be taken to reach a consensual decision in a spatial, multi criteria and multi actor context.

Keywords: Geographic information systems (GIS), Multi-Agent Systems (MAS); Multicriteria Decision Making (MCDM), Argumentation System, Argumentation Based Negotiation,

Résumé

Les problèmes territoriaux par leur nature complexe à caractère spatial nécessitent la définition de plusieurs critères et font intervenir plusieurs acteurs ayant des préférences et des intérêts qui divergent. Dans cette perspective, nous proposons un nouveau système d'aide à la décision basé sur trois formalismes de grande importance: les systèmes multi agents, les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritères.

Afin d'aider les différents acteurs à trouver un compromis satisfaisant, le système d'aide à la décision est doté d'un protocole de négociation basé sur l'argumentation qui met en scène deux types d'agents, un ensemble d'agents participants(acteurs) capables de générer des arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives préférées et un agent initiateur doté d'un système d'argumentation permettant d'évaluer les arguments décisionnels et de sélectionner les plus acceptables d'entre eux. Enfin, le système décisionnel est accompagné d'un modèle de processus d'aide à la décision qui définit les différentes étapes à suivre pour arriver à une décision consensuelle dans un contexte spatial, multicritères et multi acteurs.

Mots clés : Système Multi Agents (SMA), Système d'Information Géographique(SIG), Méthodes d'Analyse Multicritères (MAMC), Systèmes d'argumentation, Négociation par Argumentation.

Résumé

Les problèmes territoriaux par leur nature complexe à caractère spatial nécessitent la définition de plusieurs critères et font intervenir plusieurs acteurs ayant des préférences et des intérêts qui divergent. Dans cette perspective, nous proposons un nouveau système d'aide à la décision basé sur trois formalismes de grande importance: les systèmes multi agents, les systèmes d'information géographique et l'analyse multicritères. Afin d'aider les différents acteurs à trouver un compromis satisfaisant, le système d'aide à la décision est doté d'un protocole de négociation basé sur l'argumentation qui met en scène deux types d'agents, un ensemble d'agents participants(acteurs) capables de générer des arguments décisionnels en faveur de leurs alternatives préférées et un agent initiateur doté d'un système d'argumentation permettant d'évaluer les arguments décisionnels et de sélectionner les plus acceptables d'entre eux. Enfin, le système décisionnel est accompagné d'un modèle de processus d'aide à la décision qui définit les différentes étapes à suivre pour arriver à une décision consensuelle dans un contexte spatial, multicritères et multi acteurs.

Mots clés :

Aménagement du territoire(AT); Aide à la décision de groupe; Processus d'aide à la décision; Système Multi Agents (SMA); Système d'Information Géographique(SIG); Méthodes d'Analyse Multicritères (MAMC); Protocole de Négociation; Négociation par Argumentation; Systèmes Dung; Systèmes d'argumentation logiques.